

ISSN 1512-407X

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-407X>

სამეცნიერო
საინჟინრო
საინფორმაციო
ანალიზური
რეფერირებადი

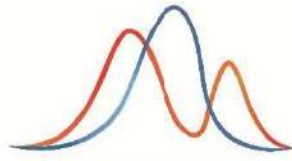
სამთელ ჟურნალი

MINING JOURNAL

1(47)

2024

დამფუძნებლები - FOUNDER



ISSN 1512-407X

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-407X>

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი
საქართველოს სამთო საზოგადოება
ა(ა)იპ საქართველოს სამთო მეცნიერებათა აკადემია

**GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
LEPL G. TSULUKIDZE MINING INSTITUTE
GEORGIAN MINING SOCIETY
SSMA GEORGIAN ACADEMY OF MINING SCIENCES**

მთავარი რედაქტორი: პროფ. ნ. ჩიხრაძე
EDITOR –IN-CHIEF: PROF. N. CHIKHRADZE

სარედაქციო კოლეგია

პროფ. ა. აბშილავა, პროფ. ზ. გუდავაძე, პროფ. ი. გუჯაბიძე, პროფ. ზ. კაკულია, პროფ. თ. კუნჭულია, დოქტორი რ. კვატაშიძე, დოქტორი ე. მატარაძე, პროფ. ა. მაღალაშვილი, პროფ. გ. მაჩაიძე, პროფ. დ. ტალახაძე, პროფ. ნ. ფოფორაძე, დოქტორი ჯ. შუბითიძე, პროფ. თ. წუწუნავა, აკადემიკოსი ლ. ჯაფარიძე, პროფ. ე. ოლევესკი (აშშ), პროფ. ი. ილმაზი (თურქეთი).

ტექნ. რედაქტორები: ს. სტერიაკოვა, ო. ჩუდაკოვა, ნ. ჯაფარიძე

EDITORIAL BOARD

PROF . A. ABSHILAVA , PROF. Z. GUDAVADZE, PROF. I. GUJABIDZE, PROF. Z. KAKULIA, PROF. T. KUNCHULIA, DOC. R. KVATASHIDZE, DOC. E. MATARADZE, PROF. A. MAGALASHVILI, PROF. G. MACHAIDZE, PROF. D. TALAKHADZE, PROF. N. POPORADZE, DOC. G. SHUBITIDZE, PROF. T. TSUTSUNAVA, ACAD. L. JAPARIDZE, PROF. A. OLEVSKY (USA), PROF. I. ILMAZ (TURKEY).

TECH. EDIT: S. STERIAKOVA , O. CHUDAKOVA, N. JAPARIDZE .

სარჩევნო

ინფორმაცია

მილოცვა	7
არემჯი - მდგრადი განვითარებისთვის	8

სამთო მრეწველობა

ლ. ჯაფარიძე

მიწისქვეშა ნაგებობების საექსპლოატაციო პირობების ზღვრული მდგომარეობები (Springer Nature Switzerland AG-ს მიერ გამოქვეყნებული მონოგრაფიის აბსტრაქტი)	27
--	----

გეოლოგია

ვ. ნადირაძე

საქართველოს რელიეფის მორფოსტრუქტურული ანალიზი	30
---	----

ვ. ნადირაძე

აჭარა-გურიის გეოლოგიური აგებულება მიღებული მაღლივი-კოსმოსური მასალების დეშიფრირებით	35
---	----

მ. გაგნიძე

მეივერუდის მადნიანი ველის შესახებ	41
---	----

გ. მინდიაშვილი, გ. იობიძე, თ. ლიპარტია, ნ. ჯაფარიძე, ქ. ბენაშვილი,

ი. ბლუაშვილი, მ. კვიციანი, დ. მეკოკიშვილი, დ. ბლუაშვილი

დისტანციური ზონდირების მეთოდით მიღებული მონაცემების

იდენტიფიკაცია ბექთაკარი-ზნელიხევის მადნიანი კვანძის ფარგლებში	48
---	----

სამთო მექანიკა

გ. ნოზაძე, დ.მიგვაშვილი, ლ. ლელუაშვილი, რ. მაისურაძე, თ. კობიძე

მცირე ტვირთამწეობის მობილური თვითმავალი საბაგრო გზა	63
---	----

გ. ნოზაძე, დ.ძიგვაშვილი

დატვირთული ბაგირის სტატიკური წონასწორული მდგომარეობის გაანგარიშება
საწყის მონაცემთა მიმდევრობითი ვარიაციის გზით დრეკადი წაგრძელების
გათვალისწინებით69

ნ. მოლოდინი, რ. მოლოდინი

მეცნიერები ხახუნზე და შედეგების რეალიზაციის დონე77

სასარბებლო წიაღისეულის გამდიდრება

ა. შეყილაძე, მ. ბაღნაშვილი, ო. კავთელაშვილი, ი. სამხარაძე, ნ. მაისურაძე,

თ. შუბითიძე, გ. ჩქარეული

შქმერის საბადო/მადანგამოვლინების გლაუკონტიანი ქვიშების კვლევა
გამდიდრებადობაზე84

კ. ხაჩატურიანი, ნ. გეგია, ნ. შეყრილაძე, ე. უკლება

საქართველოსა და უცხოეთის ქვეყნების ზოგიერთი საბადოს

ბენტონიტების შედარებითი ტექნოლოგიური შეფასება90

ავთქების ტექნოლოგიები

მ. ნადირაშვილი, ნ. აბესაძე, ნ. ღუდუშაური

ფეთქებადი ნივთიერებების ქიმიური ანალიზის ძირითადი მეთოდები და მათი
მნიშვნელობა96

თ. იაშვილი, გ. ბეინაშვილი

ამონიუმის ნიტრატის ბაზაზე წყალგამძლე ფეთქებადი ნარევის დამზადების

შესაძლებლობის კვლევა105

უსაფრთხოება

თ. ფირცხალავა

მიწისქვეშა ავტოსადგომების კვამლისაგან დაცვა ხანძრის დროს109

ლ. ლელუაშვილი, თ. ფირცხალავა, ს. სტერიაკოვა, გ. ლელუაშვილი

მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან

კათოდური დაცვის ეფექტური მოწყობილობის სქემა116

ანალიზი

ნ. მაისურაძე, ვ.ხითარიშვილი, დ. მაისურაძე
აზოტის გამოყენება ნავთობისა და გაზის ოპერაციებში 125

ა. ბეჟანიშვილი, ა. ქათამიძე, მ. სერებრიაკოვი
ეროვნული საკანონმდებლო რეგულაციების მიმოხილვა და ანალიზი შრომის
სამართლის და შრომის უსაფრთხოების მიმართულებით 133

გ. ბალიაშვილი, ნ. სარჯველაძე, ლ. ტყემალაძე
ბეტონში წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მარეგულირებელი ქიმიური
დანამატების შესახებ 141

ლ. ლელუაშვილი, თ. ფირცხალავა, ს. სტერიაკოვა, გ. ლელუაშვილი
ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია ტენიან, ნაკლებ მჟავიან,
ნეიტრალურ და ტუტოვან გარემოში 145

ბახსენება

თამაზ ახვლედიანი 154

ავტორთა საჭურაღლებოდ 156

CONTENTS

CONGRATULATIONS	7
RMG - FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT	8

MINING INDUSTRY

JAPARIDZE L.

SERVICEABILITY LIMIT STATES OF UNDERGROUND STRUCTURES (Abstract of monograph published by Springer Nature Switzerland AG)	27
---	----

GEOLOGY

NADIRADZE V.

MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS OF THE RELIEF OF GEORGIA	34
--	----

NADIRADZE V.

ADJARA-GURIA GEOLOGICAL STRUCTURE WITH INTERPRETING OF HIGH-SPACE MATERIALS	40
---	----

GAGNIDZE M.

ABOUT THE MEIVERUD ORE FIELD	47
------------------------------------	----

MINDIASHVILI G., IOBIDZE G., LIPARTIA T., JAPARIDZE N., BENASHVILI K.,

BLUASHVILI I., KVIRKVELIA M., MEKOKISHVILI D., BLUASHVILI I., BLUASHVILI D.

IDENTIFICATION OF THE DATA OBTAINED BY THE REMOTE SENSING METHOD WITHIN THE BEKTAKARI-BHALDIKHEVI ORE KNOT	62
--	----

MINING MECHANICS

NOZADZE G., DZIGVASHVILI D., LELUASHVILI L., MAISURADZE R., KOBIDZE T.

MOBILE SELF-PROPELLED ROPEWAY OF SMALL LOAD CAPACITY	68
--	----

NOZADZE G., DZIGVASHVILI D.

STATIC CALCULATION OF ROPE BY SEQUENTIAL VARIATION OF INITIAL DATA TAKING INTO ACCOUNT ELASTIC ELONGATION	76
---	----

MOLODINI R., MOLODINI N.

SCIENTISTS ABOUT FRICTION AND THE LEVEL OF IMPLEMENTATION OF THE RESULTS	83
--	----

MINERAL PROCESSING

SHEKILADZE A., KAVTELASHVILI O., BAGNASHVILI M., SAMKHARADZE I.,
SHUBITIDZE T., MAISURADZE N., CHQAREULI G.
**RESEARCH ON ENRICHMENT OF THE GLAUCONITE SANDS OF THE SHKMERI
DEPOSIT89**

KHACHATURIAN K., GEGIA N., SHEKRILADZE N., UKLEBA E.
**COMPARATIVE TECHNOLOGICAL ASSESSMENT BENTONITES
IN SPECIFIC DEPOSITS GEORGIA AND FOREIGN COUNTRIES95**

EXPLOSION TECHNOLOGIES

NADIRASHVILI M., ABESADZE N., GUDUSHAURI N.
**BASIC METHODS OF CHEMICAL ANALYSIS OF EXPLOSIVES AND THEIR
SIGNIFICANCE 104**

IASHVILI T., BEINASHVILI G.
**RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF MAKING A WATER-RESISTANT EXPLOSIVE
MIXTURE BASED ON AMMONIUM NITRATE 108**

SAFETY TECHNOLOGY

PIRTSKHALAVA T.
SMOKE PROTECTION FOR UNDERGROUND CAR PARKS IN FIRE 115

LELUASHVILI L., PIRTSKHALAVA T., STERIAKOVA S., LELUASHVILI G.
**SCHEME OF EFFECTIVE CATHODIC PROTECTION DEVICE AGAINST
ELECTROCHEMICAL CORROSION OF UNDERGROUND METAL STRUCTURES... 124**

ANALYSIS

MAISURADZE N., KHITARISHVILI V., MAISURADZE D.
NITROGEN USE IN OIL AND GAS OPERATIONS 132

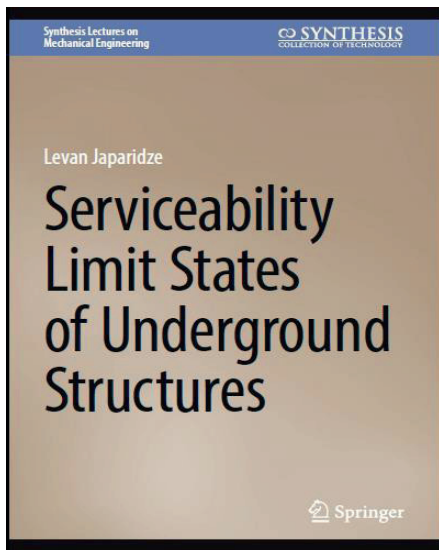
BEZHANISHVILI A., KATAMIDZE A., SEREBRIAKOV M.
**SURVEY AND ANALYSIS OF NATIONAL LEGISLATIVE DOCUMENTS
ON LABOUR LAW AND LABOUR SAFETY 140**

BALIASHVILI G., SARJVELADZE N., TKEMALADZE L.
ABOUT WATER-REDUCING AND SET CONTROLLING CHEMICAL
ADMIXTURES IN CONCRETE 144

LELUASHVILI L., PIRTSKHALAVA T., STERIAKOVA S., LELUASHVILI G.
SOIL ELECTROCHEMICAL CORROSION IN A MOST, LESS ACIDIC, NEUTRAL AND
ALKALINE ENVIROMENT 153

MEMORY - TAMAZ AKHVLEDIANI 154

ATTENTION 158



კომპანია Springer Nature Switzerland AG-ს მიერ გამოქვეყნდა აკადემიკოს ლევან ჯაფარიძის მონოგრაფია: „Serviceability Limit States of Underground Structures“ („მიწისქვეშა ნაგებობების საექსპლოატაციო პირობების ზღვრული მდგომარეობები“). <https://doi.org/10.1007/978-3-031-51900-0>.

წიგნი გამოქვეყნდა სერიაში, რომელიც აერთიანებს ინჟინერიის, ფიზიკისა და მათემატიკის პრინციპებს მასალათმცოდნეობასთან, მექანიკური სისტემების გაანგარიშებასა და დაპროექტებასთან. სერია ქვეყნდება მექანიკური ინჟინერიის ყველა სფეროში და მიჰყვება ამერიკის მექანიკოსთა საზოგადოების (ASME) ტექნიკური განყოფილების კატეგორიებს.

“სამთო ჟურნალი“-ს სარედაქციო კოლეგია ულოცავს აკადემიკოს ლევან ჯაფარიძეს კიდევ ერთ დიდ საერთაშორისო აღიარებას და უსურვებს მომავალ წარმატებებს სამეცნიერო და საზოგადოებრივ საქმიანობაში.

ნიკოლოზ ჩიხრაძე

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის დირექტორი,

„სამთო ჟურნალის“ მთავარი რედაქტორი



RMG supports the Sustainable Development Goals

მდგრადი განვითარებისთვის



არემჯი - მდგრადი განვითარებისთვის

რიჩ მეტალს გრუპში შემავალი კომპანიები – არემჯი კოპერი, არემჯი გოლდი, არემჯი აურამაინი და კავკასიის სამთო ჯგუფი სამთომომპოვებით საქმიანობას საქართველოში, ბოლნისის, დმანისისა და თეთრიწყაროს რაიონებში 2012 წლიდან ახორციელებენ. არემჯი საქართველოსა და სამხრეთ კავკასიაში ერთ-ერთი უმსხვილესი სამთომომპოვებელი საწარმოა, რომელიც სპილენძის, ოქროსა და პოლიმეტალების შემცველი მადნების მოპოვებას ღია კარიერული და მიწისქვეშა, შახტური წესით ახორციელებს. გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქცია პოლიმეტალურ კონცენტრატს და ოქროს დორე შენადნობს წარმოადგენს. 2012 წლიდან არემჯის მენეჯმენტი ყოველდღიური საქმიანობით ადასტურებს, რომ უმნიშვნელოვანესი შედეგი არა მოკლევადიანი, არამედ გრძელვადიანი წარმატებაა, რომელსაც მდგრადი ბიზნეს მოდელი უზრუნველყოფს. კომპანიის საქმიანობა მდგრადი განვითარების პრინციპებს ეფუძნება, რაც ნიშნავს როგორც ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენებას, ისე იმ რეგიონის მდგრად განვითარებას, რომელშიც არემჯი ოპერირებს. კორპორაციული სოციალური პასუხისმგებლობის პროგრამების რეალიზაციის საშუალებით, კომპანიამ ადგილობრივ მოსახლეობასთან გრძელვადიან თანამშრომლობაზე დაფუძნებული ურთიერთობები ჩამოაყალიბა, ყოველდღიურად ეხმარება მათ წინაშე არსებული პრობლემების გადაჭრასა და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებაში. არემჯი ჯგუფის წარმატებაში გადამწყვეტ როლს ასრულებენ ადამიანები. კომპანიის საკადრო პოლიტიკა თანამშრომლების პატივისცემასა და სამართლიანობის პრინციპებზეა აგებული. კომპანია თითოეული დასაქმებულისთვის, მათი პოტენციალის შესაბამისად, კარიერული ზრდის შესაძლებლობებს უზრუნ-

ველყოფს. არემჯის მისია ქვეყნის ეკონომიკური მდგრადობის მხარდაჭერაა. მიზანი კი აკეთოს საქმე მაღალი სოციალური პასუხისმგებლობით, რაც ადამიანებზე, გარემოსა და ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაზე ზრუნვას აერთიანებს. 2022 წელს არემჯი გახდა გაეროს გლობალური შეთანხმების საქართველოს ქსელის წევრი კომპანია, რითაც საჯაროდ დაადასტურა საკუთარი სურვილი და პასუხისმგებლობა, საქმიანობა 10 საყოველთაოდ აღიარებული პრინციპისა და მდგრადი განვითარების მიზნების გათვალისწინებით გაეგრძელებინა. ამ გადაწყვეტილებების შესრულების გზაზე კომპანია ვერაფერს გახდებოდა თანამშრომლების, პარტნიორებისა და დაინტერესებული მხარეები ჩართულობის გარეშე, რომლებმაც გაიზიარეს ეს ვალდებულებები და შეუერთნენ კომპანიას მდგრადი მომავალის მშენებლობაში.

არემჯის მიერ მდგრადი განვითარების მიზნებს შორის პრიორიტეტებად შეირჩა:

მიზანი #3 - ჯანმრთელობა და კეთილდღეობა - რომელსაც კომპანია ქვეყნის მასშტაბით, განსაკუთრებით კი ოპერირების რეგიონში, ცხოვრების ჯანსაღი წესის პოპულარიზაციით და დამწყები თუ პროფესიონალი სპორტსმენების მხარდაჭერით უერთდება.

მიზანი #4 - ხარისხიანი განათლება - საქართველოს მასშტაბით წარმატებული მოსწავლეების და სტუდენტების მხარდაჭერას, მათთვის არაფორმალური განათლების მიმართულებით სხვადასხვა პროექტის ორგანიზებას, წარჩინებული სტუდენტებისთვის არემჯის სტიპენდიის დანიშვნას აერთიანებს.

მიზანი #5 - გენდერული თანასწორობა - კომპანიის გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში ქალების ჩართულობის უზრუნველყოფას, სამთო დარგში დასაქმებული ქალების სხვადასხვა აქტივობებით წახალისებას ითვალისწინებს.

#6 / #13 / #15 მიზნები გარემოსდაცვით თემებს ეხმიანება - სუფთა წყალი და სანიტარია, კლიმატის მდგრადობის მიღწევა და დედამიწის ეკოსისტემები, რაც ითვალისწინებს:

- ✓ კომპანიის საქმიანობისას ჩაკეტილ ტექნოლოგიურ ციკლში წყლის გამოყენებას, ყველგან სადაც ეს შესაძლებელია;
- ✓ მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების ხარისხის მონიტორინგს;
- ✓ მოსახლეობის სუფთა წყალზე ხელმისაწვდომობის ხელშეწყობას;
- ✓ მძიმე მრეწველობის სექტორში კლიმატის ცვლილებებთან დაკავშირებული დიალოგის მხარდაჭერას;
- ✓ განახლებადი ენერჯის წყაროების ეტაპობრივად დანერგვას და გამოიყენებას;
- ✓ ტყის აღდგენის ღონისძიებების ხელშეწყობას;
- ✓ გარემოს კომპონენტებზე განსაკუთრებით კი ფლორასა და ფაუნაზე ზემოქმედების მიტიგაციის ღონისძიებების ხელშეწყობას;
- ✓ საკომპენსაციო ღონისძიებების განხორციელებით გარემოზე ზემოქმედების შერბილებას ან/და ასეთის შეუძლებლობის შემთხვევაში შესაბამისი კომპენსაციის გადახდას;

მიზანი #8 - ღირსეული სამუშაო და ეკონომიკური ზრდა - პირველ რიგში დასაქმებულებისთვის უსაფრთხო სამუშაო გარემოს, ღირსეული შრომის პირობების

შეთავაზებასა და მათ სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის დაცვას ითვალისწინებს. ასევე ეკონომიკური ზრდის ასპექტში, ყველა იმ მცირე მეწარმის ხელშეწყობას, რომელთა საქმიანობაც პირდაპირ კავშირში არ არის კომპანიასთან.

მიზანი #9 - მრეწველობა, ინოვაცია და ინფრასტრუქტურა - სამთამადნო სექტორში ინოვაციების დანერგვას, საწარმოო ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის განახლებას ითვალისწინებს. ასევე ოპერირების რეგიონში სხვადასხვა ინფრასტრუქტურული პროექტების განხორციელებას.

მიზანი #11 - მდგრადი ქალაქები და დასახლებები - რეგიონში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების დაცვას, მათ რეაბილიტაციაში მხარდაჭერას ითვალისწინებს.

მიზანი #12 - მდგრადი მოხმარება და წარმოება - განახლებული ტექნოლოგიების დანერგვით გარემოზე მინიმალურ ზემოქმედების განხორციელებას ითვალისწინებს. რაც გულისხმობს მტვრის შემცირებისათვის შესაბამისი დანადგარების მონტაჟს, ნარჩენების პასუხისმგებლიან მართვას და მათ მეორად გამოყენებას.

მიზანი #17 - პარტნიორობა მდგრადი განვითარებისთვის - ეფექტური საკომუნიკაციო არხების და პლატფორმების შეტავაზების გზით, ღია და გამჭვირვალე კომუნიკაციის დამყარებას დაინტერესებულ პირებთან, მათ შორის ადილობრივ თემთან, მედიასთან და არასამთავრობო ორგანიზაციებთან.

მდგრადი საქმიანობის საერთაშორისო პრინციპებთან შეერთებით, არემჯიმ კიდევ ერთხელ დაადასტურა რესურსების კეთილსინდისიერად და რაციონალურად მოპოვების, გარემოზე ზემოქმედების მინიმუმამდე შემცირების და საზოგადოების კეთილდღეობაზე ზრუნვის აუცილებლობა და მზაობა კორპორაციული მდგრადობა კომპანიის საქმიანობის ერთერთ ქვაკუთხედად ექცია. ახალი გამოწვევების საპასუხოდ, 2024 წლის დასაწყისში კომპანიამ მიიღო კორპორაციული მდგრადობის დოკუმენტი, რომელიც ეფუძნება მის ღირებულებებსა და პრინციპებს და მოიცავს 9 პრიორიტეტულ სფეროს, დასახულ მიზნებსა და ამ მიზნების შესრულებისათვის საჭირო ღონისძიებებს და სამოქმედო გეგმებს. კომპანია იღებს პასუხისმგებლობას მისი საქმიანობა თანხვედრაში იყოს ჯანმრთელობის და შრომის უსაფრთხოების, ასევე საყოველთაოდ აღიარებული ადამიანის უფლებების პრინციპებთან. ხელი შეუწყოს ეკონომიკურ ზრდას, დაიცვას გარემო, უზრუნველყოს გამჭვირვალობა და შესაბამისობა.



RMG - for Sustainable Development

Rich Metals Group's (RMG) companies - RMG Copper, RMG Gold, and RMG Auramine, as well as Caucasian Mining Group - have been involved in mining activities in the Bolnisi, Dmanisi and Tetrtskaro regions of Georgia since 2012. Being one of the largest mining enterprises in Georgia and the South Caucasus region, RMG specializes in the surface and underground extraction and processing of copper, gold and polymetal-containing ores. The processed materials are later transformed into polymetallic concentrate and gold dore alloy. Since 2012, RMG's management has consistently demonstrated a commitment to long-term success over short-term gains, a principle evident in their daily operations. Company's business relies on the Sustainable Development principles, which entails the rational extraction of the natural resources, as well as the sustainable development of the region where the company operates. By its Corporate Social Responsibility programs, the company has built the long-term relationships with the local community, and helps them solve their challenges and problems in their everyday life and to enhance their quality of life. Company's employees play an essential role in the process of attaining the objectives. The company centers its personnel policy on the principles of respect and fairness, ensuring career growth opportunities for each employee, consistent with their own potential and passion. RMG's mission is to support country's economic sustainability, and aims at operating with high social responsibility, uniting the care for the environment, individuals and communities, and the national economic development. In 2022, RMG joined the United Nations Global Compact Georgia Network and publicly confirmed its will and commitment to run its operations in line with the **Ten Principles of the UN Global Compact and the UN Sustainable Development Goals**. The role of the employees, partners and stakeholder engagement was significant during this decision, as they shared responsibilities together with RMG and joined the company in its sustainability journey.

RMG prioritizes the following Sustainable Development Goals (SDGs):

SDG #3 - GOOD HEALTH AND WELL-BEING – raising awareness about the healthy lifestyle in the country and especially in the region, and supporting entry-level people in sports, as well as professional sportsmen.

SDG #4 - QUALITY EDUCATION – supporting successful students across Georgia, organizing non-formal and extracurricular education projects, and providing scholarships for high-performing students.

SDG #5 - GENDER EQUALITY – ensuring women engagement during the decision-making process, encouraging women working in the mining industry through different events (initiatives).

SDGs #6 / #13 / #15 relate to the Environmental topics, namely - **CLEAN WATER AND SANITATION, CLIMATE ACTION** and **LIFE ON LAND**, which include, but is not limited to:

- ✓ Reusing of water, generated from mineral extraction and production processes in a closed technological cycle;
- ✓ Monitoring of the surface and groundwaters;
- ✓ Supporting the community access to clean water;
- ✓ Supporting the dialogue about the climate change within the heavy industry sector;
- ✓ Gradual implementation of renewable energy sources;

- ✓ Supporting the forest restoration-cultivation works;
- ✓ Mitigating actions for reducing the environmental impact, especially on flora and fauna;
- ✓ Reducing environmental harm through compensative activities, and/or reimbursing the legally defined compensation fees if the first is impossible.

SDG #8 - DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH - prioritizing the safe working environment, offering decent working conditions and protecting workers' health and life. Together with this, supporting local small entrepreneurs who are not directly linked to the business, to help their economic strengthening.

SDG #9 - INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE – Implementing innovations in the mining industry, updating production technologies and equipment. Additionally, company's commitment also includes executing different infrastructural projects in the operating region.

SDG #11 - SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES – protecting the sites of cultural heritage, supporting their rehabilitation and post-processes.

SDG #12 - RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION – minimizing negative impact on environment by adopting the new technologies, such as installing the collector-tools to reduce dust emissions, responsible waste management, and reusing in the practice.

SDG #17 - PARTNERSHIPS FOR THE GOALS - establishing open and transparent communication with interested stakeholders, including local community, media and the non-governmental organizations with being present on effective communication platforms and channels.

By adhering to the international principles of sustainable business-doing, RMG has reaffirmed the absolute necessity of conscientious resource extraction, minimizing environmental impact, and prioritizing community welfare, and has committed to make the Corporate Sustainability as the cornerstone of the company. To address new challenges, company has implemented and published its new Corporate Sustainability Document at the beginning of 2024; the document is based on corporate values and principles and outline 9 priority areas, goals set, and necessary activities and action plans for achieving these objectives.

ბოლნისელი მეღვინეების მხარდაჭერა **BOLNISI WINEMAKERS' SUPPORT**

გაერთიანება „ღვინო ბოლნისი“

უკვე მეხუთე წელია არემჯი გაერთიანება „ღვინო ბოლნისის“ ერთგული და აქტიური მხარდამჭერია. არემჯის, მეღვინეთა გაერთიანებასა და ბოლნისის მუნიციპალიტეტს შორის თანამშრომლობის დაწყებიდან, კომპანია აქტიურად არის ჩართული ბოლნისური მეღვინეობის განვითარების, მცირე მეწარმეთა ეკონომიკური გაძლიერებისა და კულტურული ტრადიციების შენარჩუნების გრძელვადიან პროცესში. მეღვინეთა გაერთიანება „ღვინო ბოლნისი“ მცირე მეწარმეთა კავშირია, რომლის წევრები ინდივიდუალურად მართავენ თავიანთსაოჯახო ღვინისმარნებს. გაერთიანება, რომელიც

2018 წელს ჩამოყალიბდა, მიზნად ისახავს ბოლნისური მეღვინეობის განვითარებას - თავიანთინაწარმის, მათ შორის ადგილობრივი მოშობის დასახელების ღვინის საქართველოში და ქვეყნის გარეთ გაცნობასა და რეალიზაციას. ბოლნისური ღვინის პოპულარიზაციასა და ეკონომიკური საქმიანობის გამართვაში დიდ როლს თამაშობს არემჯის მხარდაჭერა: კომპანია ბოლნისელ მევენახე-მეღვინეებს ეხმარება ნიადაგების კვლევის და ღვინის ლაბორატორიული შემოწმებების პროცესში, უზრუნველყოფს მათ ადგილობრივ და საერთაშორისო ღვინის ღონისძიებებზე მონაწილეობას, მეღვინეთათვის პროფესიულ სწავლებებზე დასწრებას, უწევს მედია და მარკეტინგულ მხარდაჭერას და ა.შ. 2023 წელს გაერთიანება „ღვინო ბოლნისის“ წევრი მეღვინეებისთვის ყოველწლიურად დაგეგმილ აქტივობებთან ერთად, ორი გამორჩეული და მსხვილი პროექტიც განხორციელდა: გაიმართა ბოლნისის ადგილობრივი მოშობის ღვინის ფესტივალი და გაიხსნა ქართულ-გერმანული ღვინის სახლი ბოლნისში.

WINE BOLNISI ASSOCIATION

RMG continues to support the Wine Bolnisi Association, for the fifth consecutive year. Since the official start of cooperation between RMG, the winemakers' association, and Bolnisi Municipality, the company actively supported the development of Bolnisi winemaking, economic empowerment of small entrepreneurs, and preservation of cultural traditions.

Wine Bolnisi Association is a union of small entrepreneurs, who manage their family wine cellars. Established in 2018, the association aims to develop Bolnisi winemaking by introducing and selling their PDO (Protected Designation of Origin) wines in Georgia and abroad.

RMG promotes Bolnisi wines and plays a big role in strengthening economic activities: the company helps winegrowers and winemakers from Bolnisi in the processes of soil research and wine laboratory tests, ensures their participation in local and international wine events, provides professional training opportunities, runs media and marketing support for the association, and more. In 2023, along with the other planned activities, two major projects were successfully carried out: the company hosted the Bolnisi PDO Wine Festival and opened the Georgian-German Wine House in Bolnisi.



ქართულ-გერმანული ღვინის სახლი

17 ივნისს ბოლნისის ადგილწარმოშობის ღვინის ფესტივალზე საზეიმოდ გაიხსნა ქართულ-გერმანული ღვინის სახლი, რომელიც ბოლნისელი მეღვინეების მხარდაჭერის პროგრამის ფარგლებში განხორციელებული გრძელვადიანი კორპორაციული პასუხისმგებლობის პროექტია. შვაბურ-ქართულ სტილში აშენებული სახლი, რომელიც 1915 წლით თარიღდება, იმანუელ ვალკერს - XX საუკუნის ბოლნისის მევენახეთა კავშირის, „უნიონის“ ერთ-ერთ დამფუძნებელს ეკუთვნოდა. ბოლნისის გერმანული კვალის და ღვინის მრავალწლიანი კავშირის გასაგრძელებლად, 2021 წელს არემჯიმ შეიძინა ისტორიული სახლი და მას „სამხრეთ კავკასიაში გერმანული კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის კავშირის“ დახმარებით სრული რესტავრაცია-რეაბილიტაცია ჩაუტარა. სახლი მრავალფუნქციურია - ღვინით დაინტერესებულ სტუმრებს მასპინძლები ბოლნისური ადგილწარმოშობის ღვინოებითა და ხემსით დახვდებიან, დაათვალიერებინებენ სივრცეებს და მოუყვებიან სახლის ისტორიას; სახლის სივრცეები იძლევა შესაძლებლობას უმასპინძლოს სხვადასხვა სახის გამოფენებს, მიღებებსა და მცირე კონფერენციებს. ამ დროისთვის ქართულ-გერმანულ ღვინის სახლში 21 მარნის 56 ბოლნისური ღვინოა წარმოდგენილი და ისინი ხელმისაწვდომია როგორც სადეგუსტაციოდ, ასევე შესაძენად.

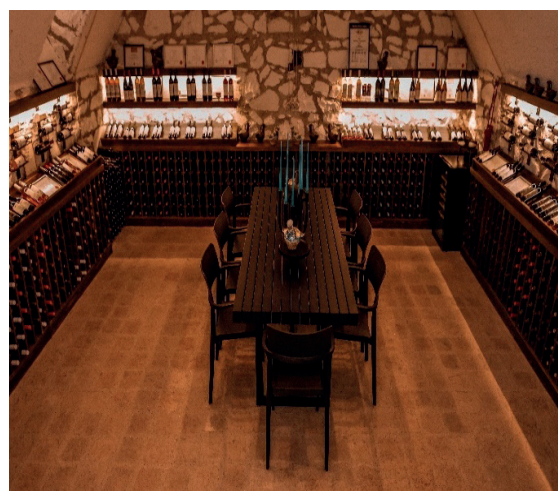
GEORGIAN-GERMAN WINE HOUSE

The Georgian-German Wine House was solemnly opened in June 17th. At the Bolnisi PDO Wine Festival and represents one of the company's long-term corporate responsibility projects.

The house built in the Swabian-Georgia style dates back to 1915. It belonged to Immanuel Walker – one of the founders of Bolnisi's 20th-century winemakers' association, called Union. To continue the long-standing connection between Bolnisi's German history and wine, RMG purchased a house located in Bolnisi's old German district in 2021 and led the restoration-rehabilitation project with expert support of the Union of German Cultural Heritage Preservation in the South Caucasus.

The house is multi-functional – wine-lovers are welcomed with local wines and snacks, and are guided to hear the story of the house; The space also allows hosting a variety of exhibitions, receptions, and small conferences.

Currently, the Georgian-German wine house serves 56 Bolnisi wines from 21 wineries available for tasting and purchase



სპორტის მხარდაჭერა SPORTS SUPPORT

ფარიკაობა

კომპანია ქართველი მოფარიკავის, სანდრო ბაზაძის გენერალური სპონსორია. სანდრო ბაზაძე 2023 წლის ტუნისის გრან პრის შემდეგ ფარიკაობის საერთაშორისო ფედერაციის (FIE) სიების მიხედვით, მსოფლიოს #1 ხმლით მოფარიკავეა. სანდრომ 2023 წელს 9 საერთაშორისო ასპარეზობაში მიიღო მონაწილეობა და ყველა მათგანში მედალი მოიპოვა. მათ შორის:

- მსოფლიო თასი - მადრიდი, ესპანეთი
- ევროპის ჩემპიონატი - პლოვდივი, ბულგარეთი
- ევროპული თამაშები - კრაკოვი, პოლონეთი
- მსოფლიო თასი - ბუდაპეშტი, უნგრეთი
- მსოფლიო თასი - პადოვა, იტალია
-



„სპორტსმენი რომ ხდები, ყველაფრისთვის მზად უნდა იყო - ბევრჯერ წააგებ, შეიძლება გამარჯვებაც კი წაგართვან, შეიძლება მიზანიც დაკარგო, მაგრამ აუცილებლად უნდა დაბრუნდე, და უნდა გაიმარჯვო!“

სანდრო ბაზაძე

FENCING

As the general sponsor of Georgian fencer Sandro Bazadze, the company proudly celebrates his remarkable achievements on the international stage. According to the latest ranking by the International Fencing Federation (FIE), Sandro Bazadze holds the status of the World's #1 Sword Fencer, after his 2023 Tunis Grand Prix award. In 2023 Sandro Bazadze participated in 9 international tournaments and returned with medals from all of them. Among them:

- World Cup - Madrid, Spain
- European Championship - Plovdiv, Bulgaria
- European Games - Krakow, Poland
- World Cup - Budapest, Hungary
- World Cup – Padova, Italy

“When you become a sportsman, you must be ready for everything - you will lose many times, your victory might be taken away, you may even forget your goal, but you must come back, and win!”

Sandro Bazadze

რაგბი

2019 წლიდან არემჯი სარაგბო კლუბ „ყოჩების“ გენერალური სპონსორია. ბოლნისური კლუბი „დიდ ათში“ ასპარეზობს და სტაბილურად საუკეთესო ხუთეულში იკავებს ადგილს. 2022-2023 წლის სეზონი სტაბილურად „ყოჩებმა“ მე-4 ადგილზე, 32 ქულით დახურეს. 2023 წელს არემჯი კვლავ იყო საქართველოს რაგბის ეროვნული ნაკრების ოფიციალური მატჩების ტრანსლაციის წარმდგენი ტელეკომპანია „იმედზე“.

RUGBY

Since 2019 RMG has been the General Sponsor for the rugby club Kochebi. Bolnisi's club competes among the prestigious Big Ten and consistently maintains its position within the top five clubs. Kochebi concluded the 2022-2023 season in an impressive 4th place, achieving 32 scores. In 2023, RMG continued its steadfast support for the broadcasting of the Georgian National Rugby Union Team's Official Matches on Imedi TV.



განათლების მხარდაჭერა EDUCATION SUPPORT

სტიპენდიატების პროგრამა

არემჯის ერთ-ერთი სტუდენტური პროექტია, რომელსაც კომპანია სამთო-გეოლოგიურ დარგში მოტივირებული ახალგაზრდების მოზიდვის მიზნით ახორციელებს. სასტიპენდიო კონკურსში მონაწილეობას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური, ენერგეტიკის, ქიმიური ტექნოლოგიებისა და მეტალურგიის, სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სტუდენტები იღებენ. 2023 წელს კომპანიისგან ერთწლიანი სტიპენდია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 25-მა სტუდენტმა მიიღო.

„მოვიპოვე სტიპენდია და ეს მაძლევს მეტ მოტივაციას, კიდევ უფრო გავიზარდო ჩემს პროფესიაში. ქალებს ამ მიმართულებით ნაკლებად შეხვდებით და მინდა ყველა გოგოს, ვინც ფიქრობს სამთო-გეოლოგიურ ფაკულტეტზე ჩაბარებას და ჯერ ვერ გადაუწყვეტია, თამამად მიიღონ ეს გადაწყვეტილება“

ანა ქათამიძე, არემჯის სტიპენდიატი

SCHOLARSHIP PROGRAM

The Scholarship Program is one of RMG's student projects, aiming at attracting motivated young people in the mining and geological field. Students of Georgian Technical University (GTU), coming from 5 different faculties of Mining and Geology, Energetics, Chemical Technologies and Metallurgy, Transport Systems and Mechanical Engineering, Informatics, and Management Systems are invited to participate in the scholarship competition. In 2023, 25 GTU students received a one-year scholarship from the company.

“I won a scholarship and it gives me more motivation to grow in my profession. You will rarely meet women in this field, and I want all girls who are considering enrolling in the mining and geological faculty and have not made the decision yet, to boldly go for it”

Ana Katamidze, RMG's Scholarship holder



დიდგორელი

2023 წელს ისტორიის კონკურსი „დიდგორელი“ ბოლნისის, თეთრიწყაროს, მარნეულის და გარდაბნის მუნიციპალიტეტებში ჩატარდა. „დიდგორელი“ ისტორიის კონკურსია დამამთავრებელი კლასის მოსწავლეებისთვის, რომელსაც კომპანია დაწყების დღიდან მხარს უჭერს და გამარჯვებულებს წასახალისებლად ექვსთვიან სტიპენდიას გადასცემს. პროექტი 5 წლის წინ, ქვემო ქართლის მუნიციპალიტეტებში დაიწყო და ამ დროისთვის კონკურსში საქართველოს 244 სკოლის 2000-მდე მოსწავლე ჩაერთო. მიმდინარე წელს, „დიდგორელის“ ორი სეზონის გამარჯვებულთა დაჯილდოება სიმბოლურად ქართულ-გერმანულ ღვინის სახლში გაიმართა.

„2019 წელს დავიწყეთ პირველი და ქართულ საგანმანათლებლო სივრცეში უმნიშვნელოვანესი პროექტი „დიდგორელი“, რომელიც ემსახურება სკოლის მოსწავლეებში ისტორიისა და ქართული ლიტერატურის პოპულარიზაციას. კონკურსის არეალი და მასშტაბი წლიდან წლამდე ფართოვდება, რაც არა მარტო ჩვენი და მოსწავლეების, არამედ მათი მშობლების, მასწავლებლებისა და პროექტის მხარდამჭერების ერთობლივი ჩართულობის შედეგია. გვსურს, რომ მომავალში, პროექტმა მთელი საქართველოს ახალგაზრდა თაობა გააერთიანოს“

ლევან ჟვანია, პროექტის ავტორი

DIDGORELI

In 2023, the history competition Didgoreli was held in Bolnisi, Tetrtskaro, Marneuli, and Gardabani municipalities. Didgoreli is a history competition for high-school students. The project started 5 years ago and since then, the company grants a 6-month scholarship to the winners. The project initially began in Kvemo Kartli municipalities and has since expanded, uniting approximately 2000 students from 244 schools across Georgia. This year, the awarding ceremony of two seasons of Didgoreli was symbolically held at the Georgian-German Wine House.

“In 2019, we initiated the first and one of the very important projects in the Georgian educational circle, called Didgoreli. This project aims at promoting history and Georgian literature among high school students. Annually, Didgoreli scale is expanding thanks not only to our and students' efforts but also to the involvement of their parents, teachers, and the project sponsors. We are looking forward to bringing together youth from across the entire country through this project”

Levan Zhvania, Project Author



კულტურის მხარდაჭერა CULTURE SUPPORT

ფიტარეთი - საკოლექციო გამოცემა

„მომრაობა კულტურული მემკვიდრეობისთვის“ ინიციატივითა და არემჯის მხარდაჭერით საკოლექციო ორტომეული „ფიტარეთი“ გამოიცა. „ფიტარეთის“ პირველი ტომი თეთრიწყაროში არსებული XIII საუკუნის სამონასტრო კომპლექსის კულტურის საკითხებს და ისტორიას ეხება, მეორენაწილი კი ეთმობა მონასტრის XVII საუკუნის სახარებას. სახარების დედანი ხელნაწერთა ეროვნულ ცენტრში ინახება, მინიატიურები კი წარმოდგენილია ორტომეულშიც. ორტომეული „ფიტარეთი“ ფართო საზოგადოებისთვის საქართველოს პარლამენტის ეროვნულ ბიბლიოთეკაში, მუზეუმებსა და ფიტარეთის ღვთისმშობლის სახელობის მონასტერშია ხელმისაწვდომი.

PITARETI – SPECIAL COLLECTION

With the initiative of the Movement for Cultural Heritage and the support of RMG, the special collection Pitareti was published. The first volume of Pitareti covers the cultural aspects and history of the 13th-century monastery complex in Tetrtskaro, and the second part is devoted to the 17th-century gospel of the monastery. The original of the gospel is kept in the National Center of Manuscripts, while the miniatures are also presented in the two-volume set. The two-volume set Pitareti is available to the public in the National Parliament Library of Georgia, museums, and Pitareti’s Virgin Mary monastery.



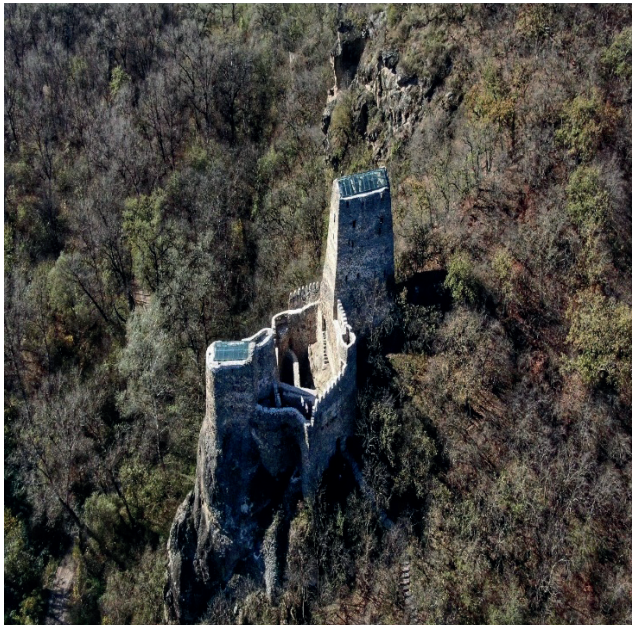
ხულუტის ციხე-დარბაზის რეაბილიტაცია

2023 წელს ხულუტის ციხის აღდგენა-კონსერვაციის პროექტის სამუშაოები წარმატებით დასრულდა. ხულუტის ციხის პროექტი ერთ-ერთია იმ პროექტებიდან, რომელთაც კომპანია კულტურული მემკვიდრეობის მხარდაჭერის პროგრამის ფარგლებში ახორციელებს. ხულუტის ციხე-სიმაგრის სარეაბილიტაციო სამუშაოები 2021 წელს დაიწყო და სრულად არემჯის ფინანსური მხარდაჭერით განხორციელდა. სამუშაოებს და პროცესის

მიმდინარეობას მონიტორინგს უწევდა პროექტის ინიციატორი ორგანიზაცია „მოძრაობა კულტურული მემკვიდრეობისთვის“.

KHULUTI CASTLE REHABILITATION

In 2023, the works of the Khuluti Castle restoration-conservation project were successfully completed. The Khuluti Castle project is one out of many that the company implements within the cultural heritage support program. The rehabilitation works of the Khuluti fortress started in 2021 and were executed with RMG's full financial support. The works and the progress of the process were monitored by the project initiator organization Movement for Cultural Heritage.



თანამშრომლების მხარდაჭერა

EMPLOYEE SUPPORT

დაისვენე საქართველოში

სამუშაოს და ცხოვრების ბალანსის წასახალისებლად, ამასთან ქვეყნის შიდა ტურიზმის პოპულარიზაციისთვის, არემჯი 2019 წლიდან ახორციელებს პროექტს „დაისვენე საქართველოში“ და ზაფხულის პერიოდში თანამშრომლების საზღვაო კურორტზე, ურეკში დასვენებას უზრუნველყოფს. დღემდე, ამ პროექტით 2300-ზე მეტმა ადამიანმა (თანამშრომლებმა და მათმა ოჯახის წევრებმა) ისარგებლა. მიმღებლობის და ინკლუზიური გარემოს წასახალისებლად, პროექტში ყოველწლიურად მონაწილეობენ ჩვენი კოლეგები მრავალშვილიანი ოჯახებით და ოჯახები, განსაკუთრებული საჭიროებების მქონე წევრებით. 2023 წელს ივნისიდან აგვისტოს პერიოდში ურეკში 52-მა ოჯახმა დაისვენა.

SPEND YOUR SUMMER IN GEORGIA

To support the work-life balance and promote the country's domestic tourism, RMG runs the Spend Your Summer in Georgia project since 2019 and sponsors a vacation for the employees at the seaside resort of Ureki. Until now, more than 2300 people (employees and their family members) have benefited from this project. To encourage acceptance and an inclusive environment, our colleagues with large families and families with members of special needs participate in the project every year. In 2023, from June to August, 52 families spent their summer holidays in Ureki.



სამთოელის დღე

17 დეკემბერი, სამთოელის დღე, კომპანიაში ტრადიციულად აღინიშნება. 2023 წელს კომპანიამ მასშტაბურად აღნიშნა პროფესიული დღე და წლის სამთოელები თბილისის ფილარმონიის დიდ საკონცერტო დარბაზში დააჯილდოვა.

- მიხეილ ჭოხონელიძე - კავკასიის სამთო ჯგუფის მთავარი გეოლოგი
- ანზორ კიპაროძე - ექსკავატორის მემანქანე
- ნანა საბიაშვილი - საოპერატორო განყოფილების უფროსი
- გივი ავქოფაშვილი - სამთო სატვირთო მანქანის მძღოლი
- მარინე სანიკიძე - მინერალოგიის ჯგუფის უფროსი
- ილია ქურდაძე - მასალების დაგეგმვისა და მონიტორინგის სპეციალისტი
- ჯამბილ ტაყიგულოვი - არემჯი აურამაინის სამთო გამონამუშევარის გამმაგრებელი

წლებანდელი სამთოელები ქართულ სამთო საქმეს 40-50 წლის განმავლობაში ერთგულად ემსახურებიან და გვეამაყება, რომ ამ გზით შესაძლებლობა გვაქვს ჩვენი მადლიერება გამოვხატოთ მათ მიმართ. წლის სამთოელების გამოვლენის შემდეგ, სტუმრების წინაშე წარდგა ნიკოლოზ რაჭველი, ცნობილი პროექტით „კინომუსიკის შედეგები“, რომელსაც საქართველოს ეროვნულ სიმფონიურ ორკესტრთან და მოწვეულ სოლისტებთან ერთად გაუძღვა.

MINER'S DAY

December 17, is traditionally celebrated in the company. In 2023, the company celebrated the professional day on a large scale and awarded the Miners of the Year in Tbilisi Philharmonic Concert Hall.

- MIKHEIL CHOKHONELIDZE – CHIEF GEOLOGIST OF THE CAUCASUS MINING GROUP
- MARINE SANIKIDZE – MINERALOGY GROUP MANAGER
- ANZOR KIPAROIDZE – EXCAVATOR OPERATOR
- NANA SABIASHVILI – DISPATCH DEPARTMENT MANAGER
- GIVI AVKOPASHVILI – MINING TRUCK DRIVER
- ILIA KURDADZE – MATERIAL PLANNING AND MONITORING SPECIALIST
- ZHAMBYL TAZHIGULOV – MINE FASTENER OF RMG AURAMINE

These individuals have been faithfully serving the Georgian mining business for 40-50 years, and we are honoured that we have the opportunity to express our gratitude to them in this way.

The awarding ceremony was followed by Nikoloz Rachveli's famous project called Cinema Music Masterpieces, conducted together with the Georgian National Symphony Orchestra and invited soloists



რეგიონის მხარდაჭერა REGIONAL SUPPORT

სპორტული წრეები

ბავშვებსა და მოზარდებში ჯანსაღი ცხოვრების წესის პოპულარიზაციისთვის არემჯი უკვე წლებია უზრუნველყოფს სპორტის სხვადასხვა სახეობების და წრეების ფუნქციონირებას რეგიონში. ბოლნისსა და დმანისში ასობით ახალგაზრდა, თავიანთი ინტერესების შესაბამისად, დაკავებულია ისეთი სპორტული აქტივობებით, როგორებიცაა: თავისუფალი სტილით ჭიდაობა, ფეხბურთი, რაგბი, მკლავჭიდი, შერეული ორთაბრძოლები და ჭადრაკი.

SPORTS CIRCLES

RMG remains committed to promoting healthy lifestyle among children and adolescents, by supporting various sports circles in the region. Hundreds of young people in Bolnisi and Dmanisi engage in different sports activities, corresponding to their interests, such as freestyle wrestling, football, rugby, arm wrestling, mixed martial arts, and chess.



ხელოვნების წრეები

პროფესიონალი ხელოვანების ხელშეწყობასთან ერთად, არემჯი უზრუნველყოფს ბავშვებისა და მოზარდების ჩართულობას კლასგარეშე აქტივობებში. კომპანია ყოველწლიურად ასპონსორებს რეგიონის ცეკვის ანსამბლებს, მუსიკის და ხატვის წრეებს. აღნიშნულ სტუდიებში ყოველწლიურად 700-ზე მეტი მოსწავლე სწავლობს უფასოდ.

„კომპანია არემჯი 2014 წლიდან ანსამბლ „მართვეს“ სპონსორია. ამ პერიოდის განმავლობაში ანსამბლმა არაერთი ჯილდო მიიღო, რაშიც უდიდესი წვლილი მიუძღვის კომპანიას. არემჯის მხარდაჭერით ანსამბლის სტუდიაში ყველა ბავშვს შეუძლია უფასოდ დაეუფლოს ქართულ ცეკვას და ამ დრომდე უამრავი ბავშვი არის ამ დიდი ოჯახის წევრი“

მარი ტატიშვილი, ქორეოგრაფი

ART CIRCLES

Along with supporting professional artists, RMG supports the involvement of local youth – children and adolescents in extracurricular activities. The company annually sponsors regional dance ensembles, music, and drawing circles, providing opportunities for more than 700 young people to study for free annually.

“Since 2014, RMG has been a sponsor of the choreographic ensemble Martve. Over this time, the ensemble has obtained numerous awards, thanks to the company’s support. RMG’s sponsorship ensures that all children have the opportunity to study Georgian folk dances for free in the studio, and so far, many children have become members of this extended family”

Mari Tatishvili, Choreographer



სოციალური ორგანიზაციების მხარდაჭერა SOCIAL ORGANIZATIONS SUPPORT

მრავალფეროვნება და მიმღებლობა

მრავალფეროვნება, ღიაობა განსხვავებულის მიმართ და ემპათია, ჩვენს ცხოვრებასა თუ ორგანიზაციულ კულტურაში ფუნდამენტური მნიშვნელობისაა. მიმღებლობა დადებითად აისახება გარემოზე, გარემომყოფებსა და მთლიანად საზოგადოებაზე. ინკლუზიური კულტურის წახალისება ეთიკის ნაწილია და შესაბამისად, უმნიშვნელოვანესი, მორალურ და პასუხისმგებლობის ჭრილში. გვჯერა, რომ სათანადო ძალისხმევის პირობებში შევძლებთ წვლილი შევიტანოთ თანასწორობის, სამართლიანობის და რთული სოციალური მდგომარეობის შეძლებისდაგვარად გაუმჯობესებაში. 2023 წელს ამ მიმართულებით სოციალური საწარმო „ბაბალესთან“, ორგანიზაცია „პირველ ნაბიჯთან“ და ასოციაცია „SOS ბავშვთა სოფელთან“ ვითანამშრომლეთ. „ბაბალეს“ გუნდში განსაკუთრებული საჭიროებების მქონე პირები არიან დასაქმებულები, რომელთაც ჩვენი თანამშრომლებისთვის 500-მდე უნიკალური საჩუქარი თავიანთი ხელით დაამზადეს. შეგროვებული თანხები დაუნის სინდრომის მქონე ბავშვებისა და მოზარდებისთვის განმავითარებელი პროგრამების შექმნას მოხმარდა, საჩუქრები კი ჩვენს კოლეგებს სარვამარტოდ გადავეცით. „პირველი ნაბიჯის“ პროექტი ეხებოდა საბავშვო სპორტის და კულინარიის წრის შექმნას და ამ გზით, განსაკუთრებული საჭიროებების მქონე ბავშვებისთვის არაფორმალური განათლების აქტივობების განხორციელებას. „SOS ბავშვთა სოფლის“ პროექტის ფარგლებში ზუგდიდში არსებული დღის ცენტრის ბენეფიციარმა ბავშვებმა შეძლეს თავიანთი საგანმანათლებლო ცოდნის და უნარების გაუმჯობესება. დღის ცენტრი 6-18 წლის სოციალურად დაუცველი, სიღარიბეში მცხოვრებ ბავშვებისთვის უზრუნველყოფს წვდომას აუცილებელ საჭიროებებზე და ცოდნაზე, რაც უზრუნველყოფს, რომ თავიდან იქნას არიდებული ბავშვების ოჯახებისგან დაშორება სიღარიბის და ბავშვთა დაცვის მოტივით.

DIVERSITY AND INCLUSION

Diversity, openness, and empathy are fundamental to our personal lives and organizational culture. We firmly believe that acceptance and an inclusive mindset have a positive impact on our environment, the people around us, and society as a whole. Encouraging an inclusive culture is part of ethics and therefore, very important in moral and responsibility aspects. We believe that with proper efforts, we all can contribute to equality, justice, and the improvement of the hard-social situation as much as possible. In this direction, we cooperated with the social enterprise Babale, the organization First Step and the association SOS Children’s Village in 2023. The Babale team employs people with special needs. These people made about 500 unique gifts for our employees with their own hands. The revenues were directed to create developmental programs for children and adolescents with Down syndrome, while the heartfelt gifts were handed to our colleagues on International Women’s Day, March 8th. The First Step project was about creating a children’s sports and cooking circle and, in this way, implementing non-formal education activities for children with special needs. Within the framework of the SOS Children’s Village project, the beneficiary children of the day center in Zugdidi were able to improve their educational knowledge and skills. The daycare center provides vulnerable children aged 6-18 living in poverty with access to the essential needs and knowledge to ensure that children are prevented from being separated from their families on the grounds of poverty and child protection.



არემში

ძვირფასო ქალბატონებო,
გილოცავთ განახლების დღესასწაულს!

გისურვებთ მრავალ დიმილიან და ხალისიან დღეს, ბედნიერებას და წარმატებას. გვსურდა კომპანიის სახელით ყურადღება წელს უფრო განხვავებულად გამოგვხატა. ამისთვის, თქვენს სიმბოლურ საქმეებს განსაკუთრებული მიზნით შევმატეთ: საქმეები სოციალურ სანარბო „ბაბალესთან“ ერთად შექმენით.

სხვადასხვა ვიზუალის 500-ზე მეტ მინიატურულ ნახატზე თქვენთვის განსაკუთრებული საქმირობების მქონე ბავშვებმა და ზრდასწავლებლებმა იხრუნეს.

თქვენამდე მოსული სიმბოლური საქმეები ხელნაკეთია და შესაბამისად - უნიკალური. გვინახია, რომ თანამშრომლების სახელით მცირე მფლოლი შევიტანეთ ამ სასიკეთო საქმეში და იმედი გვაქვს, თქვენც გაგახარეთ!

ბაბაღა

„ბაბაღა“ სოციალური სანარბოა, სადაც განსაკუთრებული საჭიროებების მქონე პირებს არის დასაშვებელი. ის მოიცავს საშუალო სივრცეს და ხალისს, სადაც სანარბოში შექმნილი პროდუქტია იყიდება.

„ბაბაღა“ შეზღუდვებითი სფეროც ადაპტირებულია სპეციფიკურ საჭიროებებზე, რაც საშუალებას იძლევა ბენეფიციარებს ადვილად შეინახონ დეკორატიული ხელოვნება, თავად ჩაუთვონ შექმნილი პროდუქტები და პრეზენტები დასაბრუნონ.



პარტნიორობის ფორუმი

არემჯიმ მონაწილეობა მიიღო „პარტნიორობის ფორუმში“, რომელიც გაეროს გლობალური შეთანხმების საქართველოს ქსელის მიერ ინიცირებული ღონისძიებაა. „პარტნიორობის ფორუმი“ USAID საქართველოს სამოქალაქო საზოგადოების ჩართულობის პროგრამის ფარგლებში იმართება და მიზნად ისახავს სამოქალაქო ორგანიზაციების დაკავშირებას კერძო ბიზნესთან. გასული წლის მსგავსად, არემჯიმ ორ სამოქალაქო ორგანიზაციასთან თანამშრომლობისგადაწყვეტილება მიიღო დამხარი დაუჭირა პროექტებს ორგანიზაციებისგან „ფრეია“ და „ტექგოგო“. ორივე ორგანიზაცია ქალთა გაძლიერების მიმართულეებით მუშაობს და ეხმიანება კომპანიის პრიორიტეტებს, წვლილი შეიტანოს გენდერული თანასწორობისა და ქალთა გაძლიერების მიმართულეებით.

PARTNERSHIP FORUM

RMG participated in the Partnership Fair, an event initiated by the UN Global Compact Network Georgia. Partnership Fair is organized in terms of USAID/Georgia's Civil Society Engagement Program. The event aims at introducing civil society organizations to the private sector. Like in the previous year's Partnership Fair event, RMG supported 2 civic projects, granting organizations Union FREYA and Tech-Gogo the donations to carry out their good projects regarding Women Empowerment.



ლ. ჯაფარიძე

მიწისქვეშა ნაგებობების საექსპლოატაციო პირობების ზღვრული მდგომარეობები

Springer Nature Switzerland AG-ს მიერ გამოქვეყნებული მონოგრაფიის აბსტრაქტი

ბოლო წლებში ქანების მექანიკის დარგში მიღწეულია მნიშვნელოვანი შედეგები და გამოქვეყნებულია მნიშვნელოვანი ნაშრომები სამთო, სატრანსპორტო, ჰიდროტექნიკური და სხვა დანიშნულების ნაგებობების დაპროექტების მეთოდებზე. ამ მეთოდებით შესაძლებელია აისახოს ნაგებობის სტრუქტურული ელემენტების ბუნებრივ და ხელოვნურ ნაწილებში დრეკადი, პლასტიკური და რეოლოგიური დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა სამთო-ტექნიკური პირობებისა და მშენებლობის ტექნოლოგიების შესახებ ცნობილი მონაცემებით. ამრიგად, პრაქტიკულად შექმნილია თეორიული საფუძველი სხვადასხვა დანიშნულების ნაგებობის გასაანგარიშებლად. თუმცა, პრაქტიკაში, ძირითადი სქემა, ფაქტობრივად, ჯერ კიდევ ტრადიციულად მიიღება «საინჟინრო ანალოგიის» მიდგომით, რაც ხშირად იწვევს მნიშვნელოვან შეუსაბამობას პროექტსა და რეალურ მდგომარეობას შორის.

ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს ზღვრული წონასწორობის მეთოდების იმ ნაწილის გავლენით, რომელიც საანგარიშო პარამეტრებს განსაზღვრავს ნორმატიული მაჩვენებლების გამრავლებით დატვირთვებისა და მასალების თვისებების გაურკვეველობის საკომპენსაციო ე.წ. ერთიანი მარაგის კოეფიციენტის შემცველ დიფერენცირებულ კოეფიციენტებზე. ამას ზოგჯერ შეიძლება ასევე შეუწყოს ხელი მიწისქვეშა ნაგებობების ოპტიმალური დაპროექტების კრიტერიუმების სიცხადის ნაკლებობამ სპეციალურ და საცნობარო ლიტერატურაში. ეს წინააღმდეგობები ხშირად აყენებს დამპროექტებელს რთულ ვითარებაში, როდესაც მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების უახლესი მიღწევების გათვალისწინების სურვილი დგება აუცილებლობის წინაშე, იხელმძღვანელოს მარეგულირებელი დოკუმენტებით, რომლებიც ზღუდავს შემოქმედების გარკვეულ ხარისხს. თუმცა, ეს არ უნდა იყოს ნორმატიული და საცნობარო ლიტერატურის უგულვებელყოფის საბაბი, არამედ საჭიროა მათი განვითარება ახალი მიღწევებით მიწისქვეშა ნაგებობების გაანგარიშების, დაპროექტებისა და მშენებლობის თეორიასა და პრაქტიკაში.

სამთო, სატრანსპორტო, ჰიდროტექნიკური, სამხედრო-საინჟინრო და მრავალი სხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობების მოცულობა ყოველწლიურად იზრდება მთელ მსოფლიოში. უკვე დამკვიდრდა ახალი ტერმინიც - „მიწისქვეშა ურბანიზაცია“. შესაბამისად, მათი პროექტების საიმედოობისა და ხარისხის გაუმჯობესება, მიწისქვეშა მშენებლობის დროისა და ღირებულების შემცირება თანამედროვეობის მნიშვნელოვანი ეკონომიკური გამოწვევებია. მიწისქვეშა ნაგებობების გაანგარიშების მეთოდები ვითარდებოდა სამშენებლო მექანიკის მაგალითზე და შედგებოდა ოპერაციების სამი ცალკეული ჯგუფისგან:

1. ძირითადი სქემისა და საანგარიშო დატვირთვების დადგენა;
2. შიგა ძალების და დეფორმაციების გამოთვლა;
3. კონსტრუქციის მუშაუნარიანობის შემოწმება მოცემული პირობებისთვის ან

საჭირო და საკმარისი კონსტრუქციების შერჩევა.

განგარიშების პირველი ჯგუფი წარმოადგენს ქანების მექანიკის ერთ-ერთ ტრადიციულ პრობლემას და მიღებულია მნიშვნელოვანი შედეგები. ესენია:

- ფორმულირებულია მიწის ქვეშა კონსტრუქციების მუშაობის ძირითადი, მოცემული დატვირთვის, მოცემული დეფორმაციის და ინტერაქტიული დეფორმაციის („კონვერგენცია-შეზღუდვის“) რეჟიმები;
- დადგინილია სამთო-ტექნიკური პირობების ფართო სპექტრისთვის დამახასიათებელი ქანების მასივის და სამაგრი სტრუქტურის მუშაობა ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმში ცალკე ან მოცემული დატვირთვისა და მოცემული დეფორმაციის რეჟიმებთან ერთად.
- შემუშავდა თეორიული, ექსპერიმენტული და ნატურულ-ანალიტიკური („back-analyze“) მეთოდები სამაგრი კონსტრუქციებზე დატვირთვების დასადგენად.

ოპერაციების მეორე ჯგუფის, ანუ შიდა ძალების და დეფორმაციების განგარიშება, ე.ი. სისტემის სტატიკური განგარიშება ასევე მიწის ქვეშა ნაგებობების მექანიკის ზოგადი პრობლემაა. ამჟამად დამუშავებულია სამაგრების განგარიშების პრაქტიკულად მისაღები მეთოდები მოცემული დატვირთვების რეჟიმში. ამასთან, ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმებში ცალკე ან მოცემული დატვირთვისა და მოცემული დეფორმაციის რეჟიმებთან ერთად გამოთვლის მეთოდების ზოგიერთი საკითხი საკონტაქტო პირობების გათვალისწინებით, კვლავ პრობლემატურია.

ოპერაციების მესამე ჯგუფი, ანუ მიწის ქვეშა ნაგებობების კონსტრუქციული განგარიშების მეთოდები, ყველაზე სპეციფიკურია. აქ გამოყენებულია სტატიკურად რკვევადი სტრუქტურის განგარიშების მეთოდები, რომლებიც ითვალისწინებენ სამაგრის შერჩევას ან შემოწმებას მაქსიმალური ძაბვების კრიტერიუმებით. მეთოდების დიდი უმრავლესობა სტრუქტურებს განიხილავს დრეკად სტადიაში. თუ ეს კრიტერიუმი შეიძლება გამოყენებულ იქნას მოცემული დატვირთვის რეჟიმში მყოფი სტატიკურად რკვევადი სტრუქტურებისთვის, ქანების მასივთან ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმის შემთხვევაში მაქსიმალური ძაბვების კრიტერიუმი ხშირად იძლევა მასალების ჭარბ ხარჯს. მაქსიმალური ძაბვების კრიტერიუმი არ ითვალისწინებს მიწის ქვეშა ნაგებობების მნიშვნელოვან სპეციფიკას, რომ პლასტიკური დეფორმაციების გაჩენა სამაგრის რომელიმე წერტილში არ ნიშნავს კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის ამოწურვას. პლასტიკური სახსრების გაჩენის და „მექანიზმად“ გადაქცევის შემდეგ კი იგი შეიძლება აკმაყოფილებდეს საექსპლოატაციო მოთხოვნებს მანამ, სანამ მიღწეული არ იქნება მასალის დეფორმაციის ზღვარი ან არ დაირღვევა სტრუქტურის მდგრადობა, არ შემცირდება დასაშვებზე მეტად განიკვეთის ფართობი, ან სამაგრის კონტურის მაქსიმალური გადაადგილება არ აღემატება მის დასაშვებ მნიშვნელობებს სტრუქტურის საექსპლოატაციო მოთხოვნებთან მიმართებაში.

მიწის ქვეშა ნაგებობების დაპროექტებამ უნდა უზრუნველყოს ფუნქციონირება და უსაფრთხოება მშენებლობისა და ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში. ფუნქციონირების შეუსრულებლობა განსხვავებულია სხვადასხვა ტიპის სტრუქტურისთვის. დასაშვებზე მეტი გადაადგილება, ბზარები და გრუნტის წყლების გაჟონვა ურბანული მაგისტრალის ან მეტროს გვირაბში ითვლება საექსპლოატაციო პირობების დარღვევად, მაშინ როცა მაღაროს, შახტის ან სოფლის წყლის გვირაბისთვის ასეთი რამ დასაშვებ ნორმატიულ ზღვრებში შეიძლება მისაღებიც იყოს. მაშასადამე, სტრუქტურის გამოთვლის მეთოდმა უნდა დაადგინოს ზღვრული მდგომარეობის სქემები და გამოხატოს მათი მიღწევა

ზღვრული ძალების, ძაბვების, დეფორმაციების ან გადაადგილების სიდიდეებით. ეს კი დამოკიდებული იქნება სტრუქტურის ნორმალური მუშაობის პირობებზე.

ყველაფერმა ამან განსაზღვრა მიწისქვეშა ნაგებობების „საექსპლოატაციო პირობების ზღვრულ მდგომარეობებზე გაანგარიშების“ (SLS) აუცილებლობა, რომლის შესაბამისი მეთოდები უკვე ეფექტურად გამოიყენება მრავალი საინჟინრო ნაგებობის დაპროექტებისას. ეს პრინციპები საერთოა ყველა ტიპის სტრუქტურისთვის და ყველაზე სრულად და ეკონომიურად განსაზღვრავს მის მზიდუნარიანობას. ამასთან, ზღვრული მდგომარეობის თითოეული კრიტერიუმი და გაანგარიშების მეთოდი დადგენილი უნდა იყოს კონსტრუქციის ტიპისა და მასალის, დატვირთვის სპეციფიკური პირობებისა და სტრუქტურის მიმართ საექსპლოატაციო მოთხოვნების მიხედვით. ასეთ ფორმულირებაში დატვირთვების, შიგა ძალების და კვეთების შერჩევის ზემოთ აღნიშნული ეტაპები, როგორც წესი, ცალ-ცალკე ვერ შესრულდება. ეს იმიტომ, რომ ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმში შერჩეული კონსტრუქციის მექანიკური პარამეტრები განსაზღვრავს თვით სტრუქტურის საანგარიშო სქემას, გარე და შიგა ძალების, დეფორმაციების სიდიდეს და განაწილების ხასიათს, ანუ ადგილი აქვს არაწრფივ დამოკიდებულებას სტრუქტურულ ელემენტებს - სამაგრ კონსტრუქციასა და ქანების მასივის საკონტაქტო ზედაპირზე წარმოშობილ ძაბვებსა და გადაადგილებებს შორის. მიწისქვეშა ნაგებობების ამ სპეციფიკამ მნიშვნელოვნად გაართულა პრობლემის გადაწყვეტა და მოითხოვა ფუნდამენტურად ახალი მიდგომა.

წინამდებარე მონოგრაფიაში განხილულია სხვადასხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობების ძირითადი სქემები. შემუშავებულია შესაბამისი ორიგინალური მათემატიკური მოდელები მიწისქვეშა ნაგებობის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ძირითადი გეომექანიკური და ტექნოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით. მათი ტექნიკური და ეკონომიკური თვალსაზრისით ოპტიმალურის დადგენის კრიტერიუმებია: კონსტრუქციის ფორმა და ზომები, კონსტრუქციის მზიდუნარიანობა მასივის სტრუქტურული მახასიათებლების: გრავიტაციული, ტექტონიკური, სეისმური და პირველადი „in situ“ ძაბვების მიხედვით. შემოთავაზებულია განივკვეთის სხვადასხვა ფორმის მიწისქვეშა ნაგებობის გაანგარიშების ორიგინალური ალგორითმები და რიცხვითი მაგალითები.

წიგნი წარმოადგენს საერთაშორისო მნიშვნელობის ნაშრომს და უთუოდ სასარგებლო იქნება მეცნიერთა, ინჟინერთა და სტუდენტთათვის.

LEVAN JAPARIDZE

SERVICEABILITY LIMIT STATES OF UNDERGROUND STRUCTURES **Abstract of the monograph published by Springer Nature Switzerland AG**

The main topic of this book is the calculation of underground structures at the limit states of serviceability. It considers the main schemes typical for underground structures for various purposes, gives the corresponding mathematical models describing the main geo-mechanical and technological factors in the construction and operation of extended excavations.

ვაჟა ნადირაძე

საქართველოს რელიეფის მორფოსტრუქტურული ანალიზი

ანოტაცია. საქართველოს რელიეფის მორფოსტრუქტურული ანალიზის შედეგად შედგენილია ტექტონიკური რღვევების სქემა, რომლის ჭეშმარიტება კოსმოსური მასალების შესწავლითაა გამყარებული. რღვევები სწორხაზოვნები არიან და ორთოგონალურ-დიაგონალური სისტემის ბაძეს ქმნიან. სქემა განმარტავს მრავალ გეოლოგიური სტრუქტურის მორფოლოგიას, გეოლოგიური წარმონაქმნების გამოსავლებს და სასარგებლო ნამარხების განლაგების თავისებურებებს.

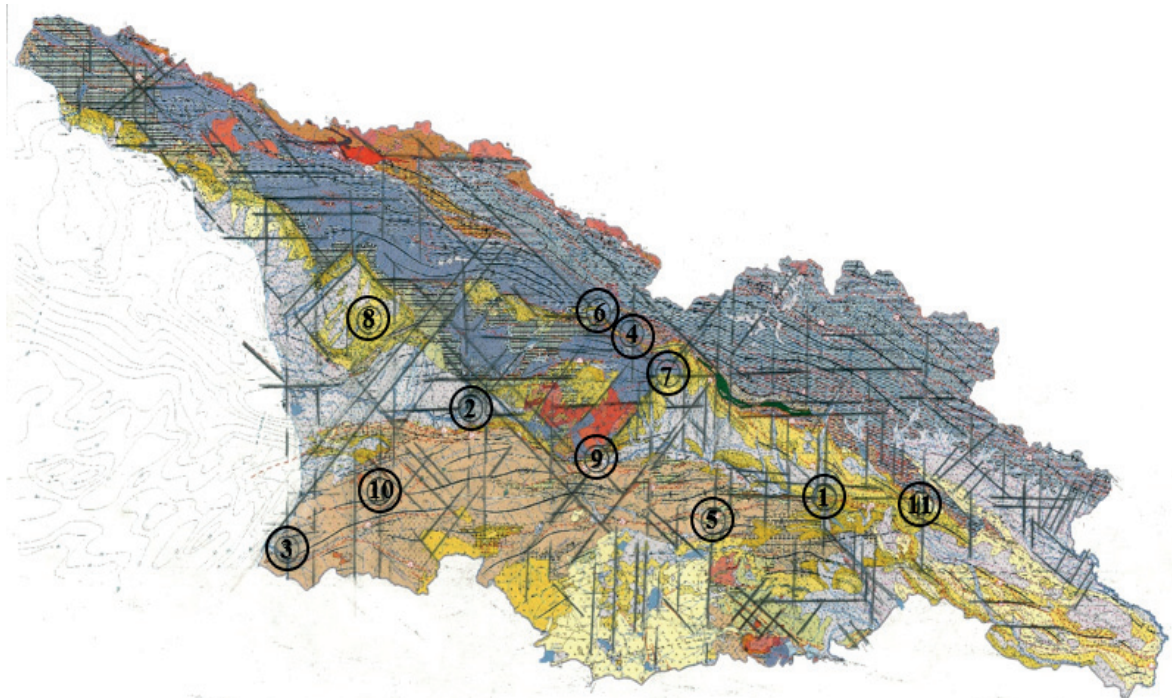
საკვანძო სიტყვები: რღვევა; სტრუქტურა; ნაოჭი; მორფოლოგია; რელიეფი; ბლოკი; საზადო.

რეცენზენტი: გეოლოგიის დოქტორი, ალ. თვალჭრელიძის სახ. მინერალური ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტის რეგიონული გეოლოგიისა და კარტირების სამეცნიერო-კვლევითი განყოფილების ხელმძღვანელი ნ. სადრაძე.

რელიეფის მორფოსტრუქტურული ანალიზი ფართოდ გამოიყენება პროგნოზულ-მეტალოგენური კვლევების სხვადასხვა სფეროებში (ი. ვოლჩანსკაია, ვ. ბასკინა და სხვა). მეთოდი წარმატებით გამოიყენება მადნეულ გეოლოგიაშიც, ამაში მას ეხმარებიან გეოლოგიის დარგები: ტექტონიკა, გეოფიზიკა, ნეოტექტონიკა და სტრუქტურული გეომორფოლოგია, რომლებიც აჩვენებენ რელიეფის და ნეოტექტონიკის მჭიდრო კავშირს ამა თუ იმ ტერიტორიის გეოლოგიურ თავისებურებებთან - მაგმატიზმთან და სიღრმულ აგებულებასთან. ახლანდელ დროში გეომორფოლოგიურ კვლევებს უტყუარობას მატებენ დედამიწის დისტანციური და კოსმოსური კვლევების მასალები (ი. კაცი, ა. ტეველევი, ა. პოლეტაევი და სხვ.). აღნიშნული მეთოდი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ოროგენულ სტრუქტურებში, რომლებიც წარმოიშვებიან გეოსინკლინური განვითარების ბოლო სტადიებში, ან ტექტონომაგმატური აქტივიზაციის ბოლო დროს. კვლევების შედეგად გამოიყოფა სხვა და სხვა სახის სტრუქტურები, მათ შორის ლინეამენტები, ღრმული რღვევები, რომლებიც მნიშვნელოვან დახმარებას უწევენ სტრუქტურულ-მეტალოგენიურ კვლევებს (მ. ფავორსკაია, ი. ტომსონი და სხვ.).

საქართველოს გეოლოგიური რუკები სუსტად არიან დატვირთული რღვევითი სტრუქტურებით, რაც არ შეესაბამება კავკასიის და კერძოდ საქართველოს გეოლოგიური განვითარების აქტიურ დონეს. ამ ნაკლის შევსებაში რელიეფის მორფოსტრუქტურული ანალიზი არსებითად ზრდის შესასწავლი ფართის დეტალიზაციის ხარისხს. ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგად შემუშავდა რღვევითი სტრუქტურების სქემა (ნახ. 1), ბაზისად გამოყენებულია საქართველოს ტექტონიკური რუკა (გამოქვეყნებული 2013 წელს, რედაქტორი ე. გამყრელიძე), რომელზედაც ჩანს რღვევების სრული შესაბამისობა ნაოჭა სტრუქტურების მორფოლოგიასთან და გეოლოგიური წარმონაქმნების კონფიგურაციასთან. აღნიშნული მეთოდის მნიშვნელოვან ობიექტს მდინარეები

წარმოადგენენ. საქართველო უხვადაა დასერილი მდინარეების ქსელით (დახლოებით 1600 მდინარე), რომელთა კალაპოტის მორფოლოგია, უმეტეს შემთხვევაში, რღვევების სისტემითაა განპირობებული. მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ მდინარე მტკვრის



ნახ. 1. ტექტონიკური რღვევების სქემა, შემუშავებული მორფოსტრუქტურული ანალიზით. ციფრები წრეში: 1 - თბილისის რღვევა; 2 - ოკრიბის რღვევა; 3 - ჭოროხის რღვევა; 4 - ჯეჯორის რღვევა; 5 - ართვინ-ბოლნისის რღვევა; 6 - ჭილორის სინკლინი; 7 - ლიხის რღვევა; 8 - ზუგდიდის ბლოკი; 9 - ძირულის რღვევა; 10 - შუახევის რღვევა; 11 - საგარეჯოს რღვევა

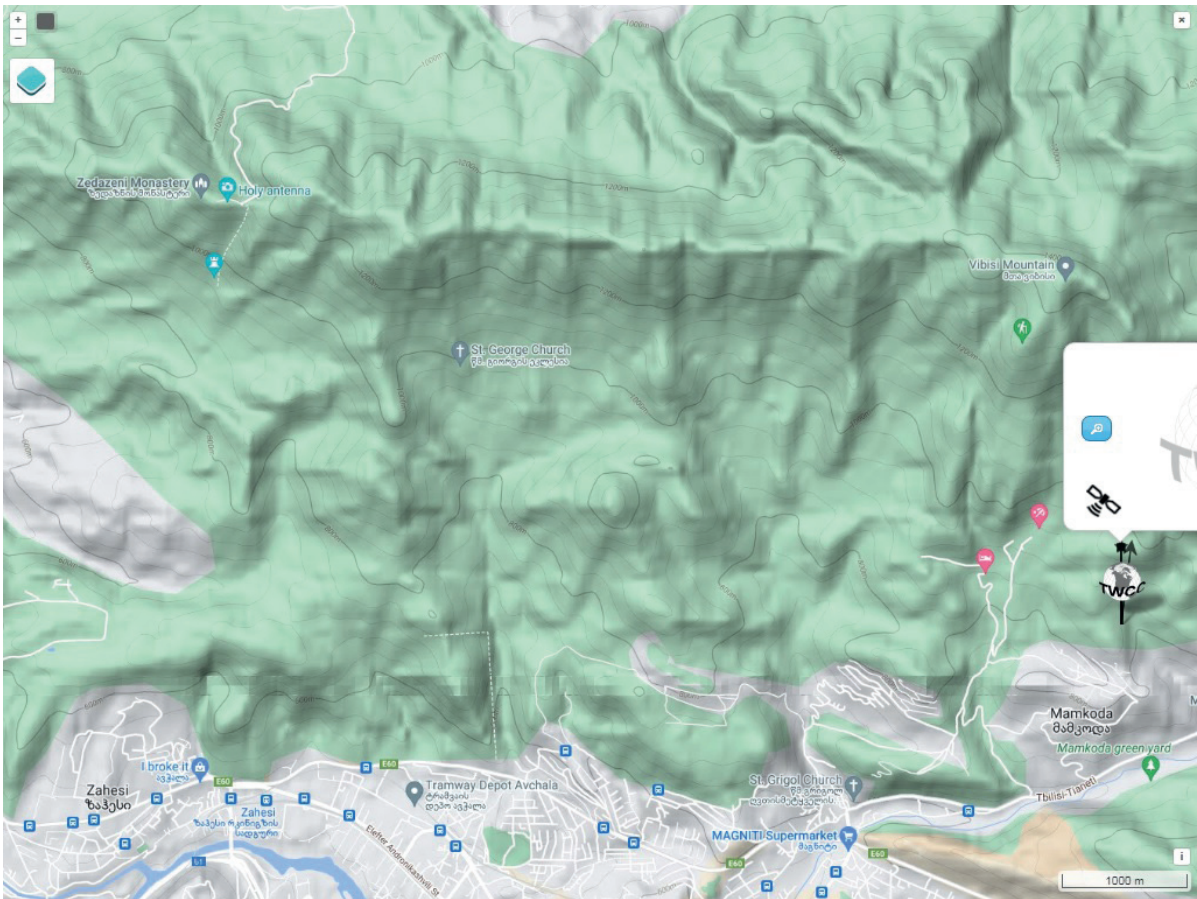
მორფოლოგია თბილისში და მის შემოგარენში. თბილისამდე მდინარე განედურად მიედინება, ავჭალაში ის ოთხმოცდაათი გრადუსით იცვლის მიმართულებას, მერიდიანულზე, რაც მეტეხის ხიდამდე გრძელდება, შემდეგ კი - სამხრეთ-აღმოსავლურზე. მდინარის მიმართულება სამი სისტემის რღვევებითაა განპირობებული. მის მიმართულებას თბილისის ჩრდილო გარეუბან ავჭალამდე განედური რღვევების სისტემა განსაზღვრავს, რომელიც აჭარა-თრიალეთის ზონის ჩრდილო ნაწილში არის განვითარებული, თბილისის მიდამოებში მდინარე მტკვარი ავჭალიდან მეტეხის ხიდამდე მერიდიანულ რღვევას მიუყვება. აღნიშნული რღვევების სისტემა კარგად დემონსტრირდება კოსმოსურ სურათზე თბილისის ჩრდილოეთით, საგურამოს ქედზე, სადაც ის რამოდენიმე ელემენტისაგან შედგება და 5 კმ სიგანის ზონას ქმნის (ნახ. 2). ქალაქის მიდამოებში, ერთ-ერთი რღვევა მტკვრის მარჯვენა ფერდზე გადის, რომელთანაც საბურთალოს რაიონის მეწყრული მოვლენები უნდა იყოს დაკავშირებული. შემდგომში, მეტეხის ხიდთან, მტკვარი, კვლავ მკვეთრად იცვლის მიმართულებას სამხრეთ-აღმოსავლურზე, მას მერიდიანული რღვევები ართულებენ, რომლებიც მდინარის ზიგზაგურ ფორმას ქმნიან (1).

ასევე შეიძლება მოვიყვანოთ მდინარე რიონის მაგალითი, მისი დინების მკვეთრი ცვლილება სამტრედიის აღმოსავლეთით განედურიდან მერიდიანულზე, რაც ოკრიბაზე გამავალ მერიდიანულ რღვევასთანაა დაკავშირებული (2). ანალოგიური შემთხვევები მრავლად აღინიშნება საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე (მდ. ჭოროხი

(3)), მდ.ჯეჯორა კვაისასთან, ა.შ.)[4].

დიდ მასალას იძლევიან გეოლოგიური ფაქტორები, როგორცაა: ფორმაციებს შორის სწორხაზოვანი საზღვრები, წყებების ხაზობრივი გამოსოფლები, ნაოჭა სტრუქტურების გამოსოფლები ერთ ხაზზე, სტრუქტურული ანომალიები, როგორცაა გეოლოგიური ზონების მიმართების მკვეთრი ცვლილებები და სხვა.

ეს შემთხვევებიც კონკრეტულ მაგალითზე განვიხილოთ. ართვინ-ბოლნისის ბელტზე ყურადღებას იპყრობს ჯავახეთის და ბოლნისის ბლოკებს შორის სწორხაზოვანი მერიდიანული მიმართების საზღვარი (5), რაც ჩვენის აზრით, ტექტონიკური უნდა იყოს, რასაც შემდეგი ფაქტები ამტკიცებენ: ჩრდილოეთის მიმართულებით, კასპის რაიონის სოფ. ახალქალაქის მიდამოებში, შიშვლდება მერიდიანული დაიკების ზონა, რომლის სიმძლავრე 1200 მ-ია, რაც ღრმული რღვევის არსებობაზე მიგვითითებს და სავარაუდო რღვევის ერთ ერთ ელემენტი უნდა იყოს; აჭარა-თრიალეთის ზონის ფარგლებში, მის სიახლოვეს, რამოდენიმე ანტიკლინის გამოსოფლაც ფიქსირდება; კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე, დადგენილია რთული ტექტონიკური კვანძი, მესტია-თიანეთის ზონის, ჟინვალ-გომბორის ქვეზონა მუხლისებურადიკვლისმიმართულებას, რაც შესაძლებელია მხოლოდ მერიდიანული მიმართების ღრმული რღვევის არსებობით, რომელიც ზემოთ აღწერილი, ართვინ-ბოლნისის რღვევის გაგრძელებას წარმოადგენს.



ნახ. 2. თბილისის შემოგარენის და საგურამოს ქედის სატელიტური სურათი

კავკასიონის სამხრეთ ფერდსა და საქართველოს ბელტს შორის საზღვარი მეტად რთული, ტეხილი ფორმისაა და ძირითადად სამი სისტემის ღრმული რღვევებით არის

აგებული (ამზარმუხურის ქვეზონა). ჩორდის საბადოს მიდამოებში, ეს სტრუქტურა ჭილორის ვიწრო სინკლინით არის წარმოდგენილი (6), რომელიც ასევე ტეხილი ფორმისაა. დასამტკიცებლად, რომ ეს ორი დამოუკიდებელი სტრუქტურაა, გაკეთდა ჭრილი ონის რაიონის, სოფ. სორის მიდამოებში. აქ ქანების ძირითადი მიმართება განედურია, ვარდნის დაბალი კუთხით, ერთ მონაკვეთში, მიმართება მკვეთრად იცვლება განედურიდან ჩრდილო დასავლურზე, ქანების ვერტიკალური წოლით. რღვევის სიგანე სრულად შეესაბამება ჭილორის სინკლინის სიგანეს, 1200 მ-ია. ეს სტრუქტურა, ორ უნიკალურ, ჩორდის ბარიტის და ლუხუმის დარიშხანის საბადოებს აკონტროლებს, საქართველოს ჩრდილო საზღვართან კი რღვევა ტრიასული ნალექებით აგებულ ბლოკს საზღვრავს.

რელიეფის მორფოლოგიური ანალიზით ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართების მრავალი სტრუქტურა ვლინდება, რომლებიც ძირითადად კონცენტრირებული არიან საქართველოს დასავლეთ ნაწილში, ლიხის ქედსა (7), რომელიც ამავე მიმართებისაა და შავი ზღვის ნაპირს შორის. 80 კმ სიგანის ზონის ფარგლებში ამ სისტემის რღვევების კონცენტრაცია ბევრად მაღალია, საქართველოს სხვა ტერიტორიებთან შედარებით. ზუგდიდის (ოდშის) ბლოკი შემოსაზღვრულია განსხვავებული მიმართების რღვევებით, რომლებიც მას ოთხკუთხედის ფორმას აძლევენ (8).

ძირულის აღზევებული ბლოკის მორფოლოგიას სამხრეთ ნაწილში, მის სამკუთხა ფორმას, ორი სისტემის დიაგონალური რღვევა განსაზღვრავს (9). ძირულის ბლოკი, აგებული ფუნდამენტის ძველი ქანებით, კავკასიის ღერძული ნაწილია, რომლებიც დასავლეთით, შავ ზღვამდე საფეხურისებურად, ძირითადად მერიდიანული რღვევების საშუალებით, 10 კმ-ის სიღრმეზე იძირება, ერთ-ერთი ორხევის მძლავრი რღვევაა (10). აღმოსავლეთით, კასპიის ზღვამდეც ფუნდამენტი საფეხურების მაგვარად 22 კმ-მდეა დაძირული. ერთ-ერთ საფეხურს თბილისის მერიდიანული რღვევა (1) ჰქმნის, ხოლო მეორე საფეხურს - საგარეჯოს რღვევა (11).

ნაოჭა სტრუქტურების მორფოლოგიას ძირითადად რღვევითი სტრუქტურები განსაზღვრავენ. ეს დამოკიდებულება ნათლად ჩანს რაჭასა და ჩრდილო სამეგრელოში, ტალღისებური ნაოჭების მაგალითზე, ხოლო აჭარაში კარგად ჩანს რღვევებთან ახლოს ნაოჭების მიმართულების მკვეთრი ცვლილება.

მორფოსტრუქტურული ანალიზით დასატელიტურის ურათების დემიფრირებით დადგენილი რღვევები, სწორხაზოვნები არიან და როგორც წესი, რამოდენიმე პარალელური ელემენტისაგან შედგებიან, ორთოგონალურ-დიაგონალური სისტემის ბადეს ქმნიან და უფრო დიდი სტრუქტურების შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენენ [1]. განედური მიმართების რღვევები, ჩვენს მიერ გამოყოფილი, გლობალური მასშტაბის, კავკასია-ტიანშანის ზონის ნაწილია. მერიდიანული სტრუქტურები - ასევე გლობალური სტრუქტურის, «მატსკის ამაღლების» სეგმენტს წარმოადგენენ, რომელიც მთელ კონტინენტს კვეთს ჩრდილოეთის ზღვიდან ირანამდე. ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართების რღვევები სეგმენტია სიღრმული რღვევისა, რომელიც თურქეთის ტერიტორიაზე გაიდევნება ხმელთაშუა ზღვამდე. ჩრდილო-დასავლეთის სისტემის რღვევები, ნაწილია ღრმული სტრუქტურისა, რომელიც სამხრეთისკენ აზერბაიჯანის ტერიტორიის გავლით, ირანის ტერიტორიაზეც ფიქსირდება, სადაც სტრუქტურულ ფაციალურ ზონებს ჰქმნის და ფერადი ლითონის მრავალ საბადოს აკონტროლებს [2, 3].

საქართველოს ტერიტორიაზე ოქროს გამოვლენების დიდი ნაწილი მერიდიანულ რღვევებს უკავშირდება, რაც სერიოზულ ფაქტორს წარმოადგენს

და გათვალისწინებული უნდა იყოს ამ სისტემის სტრუქტურების კარტირებისას. ჩვენი მონაცემებით კავკასიაში ნავთობის საბადოებიც ამ სისტემის რღვევებით კონტროლდება [4].

ლიტერატურა

1. Надирадзе В. Роль линеаментов в геологическом строении и распределении месторождений полезных ископаемых Кавказа. Труды ГИН АН Грузии. Нов. сер. вып. 119, Тбилиси, 2004. с. 122-129.
2. ვ. ნადირაძე საქართველოს ლინეამენტების მორფოლოგიური და მეტალოგენიური ანალიზი. სამთო ჟურნალი, №1 (42), თბილისი, 2019. გვ. 13-16.
3. Надирадзе В. Морфология линеаментных структур Кавказа и их роль в распределении полезных ископаемых. Геодинамические, петрологические, металлогенические аспекты строения Кавказа. Сб. тр., посвященный 100-летию со дня рождения Ш.А. Азизбекова, Баку, 2006. с. 71-85.
4. ვ. ნადირაძე ნავთობის საბადოთა გენეზისი და მათი ძებნის პერსპექტივები საქართველოს ტერიტორიაზე. სამთო ჟურნალი, №1 (40), თბილისი, 2016. გვ. 62-65.

NADIRADZE VAZHA

MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS OF THE RELIEF OF GEORGIA

ANNOTATION. As a result of the morphostructural analysis of the relief of Georgia, a scheme of tectonic faults has been compiled, the validity of which has been reinforced by the study of space materials. The faults represent straight-line structures and create an orthogonal-diagonal system grid. The scheme explains the morphology of many geological structures and geological outcrops, as well as the peculiarities of the location of mineral deposits.

KEYWORDS: fault; structure; fold; morphology; relief; block; deposit.

ვაჟა ნადირაძე

აჭარა-გურიის გეოლოგიური აგებულება მიღებული მაღლივი-კოსმოსური მასალების დემიფირირებით

ანოტაცია. აჭარა-გურიის გეოლოგიურ აგებულებას ორთგონალურ-დიაგონალური სისტემის რღვევის ზონები განსაზღვრავენ, რომლებიც ტრანსრეგიონული ლინეამენტების შემდგენელ ნაწილებს (სეგმენტებს) წარმოადგენენ და კარგად დემიფირირდებიან მაღლივი-კოსმოსურ სურათებზე. რღვევის ზონები განსაზღვრავენ რეგიონის ბლოკურ აგებულების, გამოიყოფა განსხვავებული კონფიგურაციის და გეოლოგიური აგებულების ცხრა ტექტონიკური ბლოკი. დემიფირირდებიან მერიდიანული მიმართების, 11 და 12 კმ სიგანის ტექტონიკური ზონები, შედგენილი, ერთმანეთთან კულისისებურად ჩანაცვლებული დიდი რაოდენობის რღვევით და მათთან დაკავშირებული დაიკებით. რაიონში არსებული ოქროს გამოვლენები, მერიდიანულსტრუქტურებს უკავშირდებიან, რის გამოც, გამოვლენილი ტექტონიკური ზონები ოქროზე პერსპექტიულ ფართებს წარმოადგენენ.

საკვანძო სიტყვები: რღვევა; სტრუქტურა; ლინეამენტი; ზონა; ბლოკი; ტექტონიკა; ოქროს გამოვლენა.

რეცენზენტი: ალ. თვალჭრელიძის სახ. მინერალური ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტის რეგიონული გეოლოგიისა და კარტირების სამეცნიერო-კვლევითი განყოფილების ხელმძღვანელი, გეოლოგიის დოქტორი, ნ. სადრაძე.

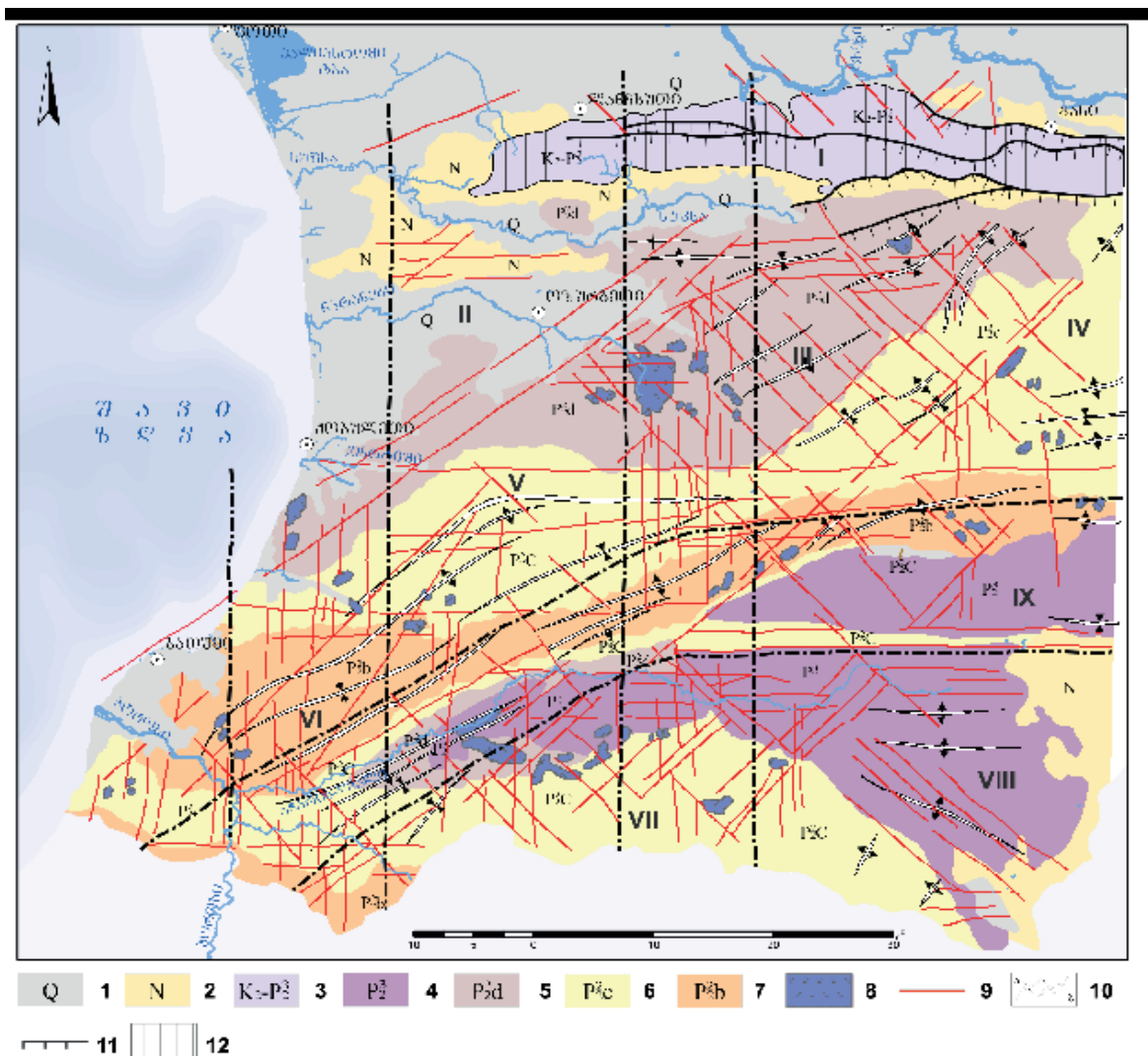
საკვლევი რეგიონი აჭარა-თრიალეთის სტრუქტურული ზონის კიდურა დასავლეთ ნაწილს წარმოადგენს, რომლის ინტენსიური შესწავლა გასული საუკუნის 30-60-ან წლებს უკავშირდება. ამ პერიოდის შემდგომ გეოლოგიაში და კერძოდ, ტექტონიკაში, შესამჩნევი ცვლილებები მოხდა, აგრეთვე მოპოვებულია დიდი რაოდენობის კოსმოსური მასალა, რაც საშუალებას იძლევა საკვლევი ობიექტი, გეოლოგიურ შესწავლილობასთან ერთად, ახლებურად შეფასდეს.

ჩვენი კვლევები დაფუძნებულია დედამიწის პულსაციური გაფართოების იდეაზე, რომელიც დედამიწის ქერქის განვითარებაში წამყვან როლს რიფტოგენულ პროცესებს ანიჭებს. შესაბამისად ამ პროცესში გამორჩეული როლი ლინეამენტურ სტრუქტურებს ენიჭებათ [1]. კავკასიის რეგიონის ტექტონიკური ჩამოყალიბება, რამოდენიმე გლობალური ლინეამენტური ზონის გადაკვეთამ განსაზღვრა, რომელთა გავლენა რეგიონის ნებისმიერ უბანზე ისახება.

განივი მიმართების აჭარა-თრიალეთის სტრუქტურა, რომლის სიგრძე 400, ხოლო სიგანე 50 კმ-ია, დასავლეთ ნაწილში მკვეთრად იცვლის მიმართულებას სამხრეთ-დასავლურზე, რაც, ჩვენს მიერ გამოყოფილი, გლობალური, პონტო-კასპიის ლინეამენტის შედეგია, ხოლო განედური მიმართების ლინეამენტი გეოფიზიკური მონაცემებით შავი ზღვის ფსკერზე დგინდება ცალკეული რღვევების სახით. აჭარა-

თრიალეთის ნაოჭასის სტემის გაგრძელებას სამხრეთ-აღმოსავლური მიმართების პონტოს მთები წარმოადგენენ, რომლებიც შემდეგ, შავი ზღვის სამხრეთით, მუხლისებურად კვლავ იცვლიან მიმართებას განედურზე (ანატოლიის მთები). შესაბამისად აჭარა-თრიალეთის დასავლურ გაგრძელებას პონტოს მთები წარმოადგენენ და არა შავი ზღვის ღრმული. რომელიც, ჩვენის აზრით, საქართველოს ბელტის და კერძოდ, რიონის დებრესიის გაგრძელებაა.

შესწავლილ რაიონში დანაოჭების ხარისხი სუსტია. ნაოჭები, ძირითადად, რღვევით სტრუქტურებს უკავშირდებიან, ბლოკურ სტრუქტურებს წარმოადგენენ, დამრეცი ($10-30^{\circ}$) კუთხით, რომლებიც, უმთავრესად მცირე მანძილზე გაიდევენებიან. შედარებით გამწე და ციცაბო ნაოჭები ნაოჭა სისტემის ცენტრალურ ნაწილს უკავშირდება, სადაც ნაოჭების ფერდების დახრის კუთხე, რღვევების უშუალო სიახლოვეს, $60-80^{\circ}$ -ს აღწევს.



ნახ. 1. ტექტონიკური სქემა, შედგენილი სქემატურ გეოლოგიურ საფუძველზე მაღლივი-კოსმოსური მასალის დეშიფრირებით. პირობითი ნიშნები: 1- მიოცენი; 2 - ნეოგენი; 3 - ზედა ცარცი და ეოცენი; 4 - ზედა ეოცენი; 5 - შუა ეოცენი - გადრეკილის წყება; 6 - შუა ეოცენი - ჭიდილის წყება; 7 - შუა ეოცენი - ნაღვარევის წყება; 8 - ინტრუზული ქანები; 9 - დეშიფრირებული რღვევები; 10 - ნაოჭები: ა - ანტიკლინი, ბ - სინკლინი; 11 - ინტენსიურად დისლოცირებული ზონები; 12- ღრმული რღვევის ზედა ზონა

რღვევითი სტრუქტურები, ორთოგონალურ-დიაგონალური სისტემის ბადეში თავსდება. კარგად იმიტირებიან აერო- და კოსმოსურ სურათებზე და განსაზღვრავენ შესწავლილ რაიონის ბლოკურ აგებულებას (იხ. ნახ.1). ერთ-ერთი განივი მიმართების ტექტონიკური ბლოკი (I) მდებარეობს რაიონის ჩრდილო ნაწილში, საქართველოს ბელტის სიახლოვეს. ბლოკი რთული გეოლოგიური აგებულებისაა, ხასიათდება მრავალი ნაოჭით, რომლებიც ჩრდილოეთისკენ არიან გადახრილი და მრავალი დამრეცი რღვევით, რომელთა გადაადგილება აგრეთვე ჩრდილოეთისაკენაა მიმართული. ბლოკი წარმოადგენს მოსაზღვრე ზონას აჭარა-თრიალეთის და საქართველოს ბელტს შორის. ეს უკანასკნელი დაფარულია მეოთხეული ნალექებით, რომელთა სიმძლავრე რამოდენიმე ასეული მეტრია, ხოლო პლიოცენის ნალექების სიმძლავრე, ჭაბურღილების მონაცემებით 2000 მეტრს აღწევს და ძირითადად ზედა ცარცის ნალექებს ხურავს. ცარცული ნალექების ჭრილი სრულია და მისი სიმძლავრე 2500 მეტრს შეადგენს. სამხრეთ ბლოკში ცარცული ნალექები კი თანხმობით გადადიან ეოცენურ ნალექებში, რომელთა სიმძლავრე 3000 მეტრს აჭარბებს, ხოლო მიოცენ-პლიოცენური ნალექების სიმძლავრე პირველ ასეულ მეტრს არ აღემატება. ბლოკების შედარებითი ანალიზი გვიჩვენებს რომ მათ შორის გადაადგილება ცარცის შემდგომ 3000 მეტრს აჭარბებს, დაწეული სამხრეთი ბლოკით, ხოლო ეოცენის შემდეგ მოძრაობის მიმართულება იცვლება, დაწეულია ჩრდილო ბლოკი, ხოლო გადაადგილება 2000 მეტრს უნდა აჭარბებდეს. ასეთი სახის მოძრაობები მხოლოდ ციცაბო რღვევებით არის შესაძლებელი, რაც ასევე ჭაბურღილების მონაცემებითაც დასტურდება, დამრეცი სტრუქტურები სიღრმეში იცვლიან დაქანების კუთხეს ვერტიკალურზე (დ. პაპავას ზეპირი გადმოცემით).

როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, ამ რანგის რღვევებზე, გადაადგილება რამოდენიმე ტექტონიკური სიბრტყის გასწვრივ ხდება და ტექტონიკური ზონის სიმძლავრე, როგორც წესი 1.0-1.2 კილომეტრს შეადგენს. თანამედროვე პირობებში ეს ზონა გადაფარულია დამრეცი სტრუქტურებით, რომელთა გენეზისს და მთლიანად სტრუქტურების გადახრას ჩრდილოეთით ჩვენ ვუკავშირებთ აჭარა-თრიალეთის ბლოკის გაფართოებას ცენტრალურ ნაწილში და ამოზიდული ბლოკის გრავიტაციულ გადაწოლას დაძირულ ბლოკზე. აღწერილი პირველი ბლოკი შესაბამისად ღრმული რღვევის ზედა ნაწილად მიგვაჩნია.

მეორე, განივი ტექტონიკური ზონა ფიქსირდება 5 კმ სამხრეთით, ოზურგეთის განედზე. კარგად დემიფირდებიან კულისისებურად ჩანაცვლებული რღვევები, რომლებსაც უკავშირდებიან ხაზობრივი ნაოჭა სტრუქტურები და მეოთხეულ ნალექებში ამოზიდული მიოცენური ნალექების ბლოკი. აღნიშნული ზონიდან სამხრეთით, კიდე 5 კმ მანძილზე, ვაკისჯვრის მიდამოებში რამოდენიმე რღვევა დემიფირდება (მესამე ზონა), რომელთა დაფიქსირება დასავლეთით, სხვა სისტემის რღვევების არსებობის გამო გამწვანებულია.

შემდეგი, მეოთხე განედური მიმართების ტექტონიკური ზონა იკვეთება ქობულეთის განედის სამხრეთით და წარმოდგენილია რღვევებით, რომლებიც მთელ ტერიტორიაზე გაიდევნებიან და მათთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი სწორხაზოვანი ნაოჭებით.

მეხუთე ზონა დემიფირდება ასევე 5 კმ ინტერვალში, დაბა შუახევის ჩრდილოეთით, შეიცავს რღვევებს, რომლებიც დიდ მანძილზე იდევნებიან და მცირე გამწვობის რღვევებით, რომლებიც ერთმანეთს კულისისებურად ანაცვლებენ. ამ სისტემას უკავშირდებიან ვიწრო ანტიკლინები, რომლებიც აღნიშნული რღვევებით

არიან დისლოცირებულები. მეექვსე ტექტონიკური ზონა რაიონის კიდურა სამხრეთ ნაწილში, მოკლე ინტერვალებშია გამოვლენილი და მისი ძირითადი ნაწილი თურქეთის ტერიტორიაზე გადის.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ აჭარა-თრიალეთის განივი ლინეამენტი, დასავლეთ ნაწილში ექვსი ელემენტისაგან შედგება, რაც შესაძლოა მთლიანად ტექტონიკური ზონის დანარჩენ ნაწილშიც გამოვლინდეს.

შემდეგი ტექტონიკური სისტემა ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართებისაა და დიაგონალურად კვეთს შესწავლილ ტერიტორიას. 40 კმ სიგანის ტექტონიკური ზონა ნაწილია პონტო-კასპიის ლინეამენტისა, რომელიც ანატოლიიდან კასპიის ზღვამდე გაიდევნება და მის ჩრდილო-დასავლეთ კიდეც წარმოადგენს. ის რამოდენიმე ელემენტისაგან შედგება, ამ სისტემის ორი მნიშვნელოვანი რღვევა რაიონის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში გურიის დეპრესიას (მეორე ტექტონიკური ბლოკი) სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან საზღვრავს. აღმოსავლეთით მდებარე რღვევა უამრავი უარყოფითი რელიეფური ფორმით ფიქსირდება, ხოლო მიმდებარე ბლოკებში აბსოლუტური სიმაღლეების სხვაობა დაახლოებით 500-700 მეტრს შეადგენს დაწეული ჩრდილო-დასავლეთის ბლოკით. მეორე, პარალელურ რღვევაზე ამპლიტუდა პირველი ასეული მეტრებით უნდა იფარგლებოდეს, იგივე სახის გადაადგილებით. აღნიშნული რღვევის ზონა, ჩვენის აზრით, სამხრეთ-დასავლეთისკენ აყალიბებს ბათუმის კონცხის ნაპირის მორფოლოგიას და შემდეგ თურქეთის აკვატორიაში, იწვევს ზღვის ფსკერის დონის მკვეთრ დაწევას, აგრეთვე 800 მეტრით. შესწავლილ რაიონის ცენტრში აღინიშნება ამ სისტემის მძლავრი ზონა, რომელიც მას დიაგონალურად კვეთს, მრავალი რღვევისაგან შედგება და ნაოჭა სტრუქტურებს აყალიბებს.

ჩრდილო-დასავლეთის მიმართების რღვევათა სისტემა, რომელიც თანაბრადაა განვითარებული რაიონის მთელ ტერიტორიაზე, ნაწილია ტრანსრეგიონალური ლინეამენტისა, რომელიც სამხრეთ-აღმოსავლეთით ირანის და თურქეთის ტერიტორიებზე დაახლოებით 1000 კმ მანძილზე იდევნება და რომელიც ჩვენს მიერ დეტალურადაა შესწავლილი აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე, ნახჩევანის რაიონში [2]. ცალკეული რღვევები საზღვრავენ ტექტონიკურ ბლოკებს და მათ გასწვრივ ნაოჭა სტრუქტურები არ აღინიშნება.

მერიდიანული რღვევების სისტემა მთელ ნაოჭა ზონას მოიცავს, მაგრამ დეშიფრირებით ფიქსირდება ამ სისტემის ორი მნიშვნელოვანი ზონა. ერთი მათგანი, რომლის სიმძლავრე 12 კმ-ია ვლინდება შესწავლილი რაიონის დასავლეთ ნაწილში, შეიცავს მრავალრიცხოვან რღვევებს, რომლებიც კულისისებურად ანაცვლებენ ერთმანეთს და კარგად დეშიფრირდება გურიის დეპრესიამდე. ერთ-ერთ სტრუქტურასთანაა დაკავშირებული მდ. ჭოროხის მნიშვნელოვანი, მერიდიანული მონაკვეთი, ხოლო მთლიანად ზონა განსაზღვრავს შავი ზღვის აუზის აღმოსავლეთ ნაპირს და მის კონფიგურაციას, რაც აკვატორიის იზოხაზებით დასტურდება.

მეორე მძლავრი ზონა, რომლის ინტენსიურად დისლოცირებული ნაწილის სიმძლავრე დაახლოებით 11 კმ-ია, დეშიფრირდება შუახევის მერიდიანის დასავლეთით, ხასიათდება უამრავი პარალელური სტრუქტურით და. აჭარა-თრიალეთის ზონის, დასავლეთის მიმართულებით დამიგრვის ერთ-ერთ საფეხურს წარმოადგენს. შუახევის რაიონში ფიქსირდებიან ამ მიმართების დაიკები და მცირე ინტრუზიული სხეულები, რომელთა ანალოგები დეშიფრირდება მთლიანად ტექტონიკურ ზონაში რომლებიც ფიქსირდებიან მკვეთრი ხაზობრივი, დადებითი მორფოლოგიური ფორმებით.

აღნიშნული ტექტონიკური ზონა სეგმენტია ტრანსრეგიონალური ლინეამენტისა,

რომელიც გეოლოგიური კარტირებით, დემიფირებით და გეოფიზიკური მეთოდებით გაიდენება საქართველოს ბელტზე, კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე და კავკასიის გარეთაც. ის ნაწილია ე.წ. შატსკის ამაღლებისა, რომელიც კამბრიულის წინაა ჩასახული და თანამედროვე პერიოდშიც ფუნქციონირებს, რაზეც მიუთითებს რელიეფის აბსოლუტური ნიშნულების ვარდნა დასავლეთ ბლოკში, დაახლოებით 400-500 მეტრით.

შესწავლილი რეგიონის შუა ნაწილში გამოიყოფა ზონა, რომელიც აჭარა-თრიალეთის ღერძულ ნაწილს წარმოადგენს. აღმოსავლეთით ის განედური მიმართებისაა, ისევე როგორც აჭარა-თრიალეთის ძირითადი სტრუქტურები, შუა ნაწილში მკვეთრად იცვლის მიმართებას სამხრეთ-დასავლურზე. ზონა მოსაზღვრე ბლოკებისაგან განსხვავდება ინტენსიური დისლოცირებით, დანაოჭებით და ვულკანოგენური ქანების სიმძლავრის მკვეთრი ზრდით.

რღვევითი სტრუქტურები განსაზღვრავენ რაიონის ბლოკურ აგებულებას. გამოყოფილია ცხრა ტექტონიკური ბლოკი ზემოთ აღნიშნული გურიის ბლოკი (II) სამკუთხა ფორმის ნეოგენ-მეოთხეული ასაკის დეპრესიას წარმოადგენს, შემოსაზღვრულს ჩრდილოეთიდან განედური (I) ბლოკით, აღმოსავლეთიდან - ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართების რღვევებით. მას აღმოსავლეთიდან ესაზღვრება ტრაპეციის ფორმის ტექტონიკური ბლოკი (III), რომელიც შუა ეოცენის მეოთხე დასტის ქანებითაა აგებული. ბლოკი განედური და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართების ტექტონიკური ზონებით ისაზღვრება, ამ ბლოკთანაა დაკავშირებული ვაკისჯვრის ტექტონო-მაგმატური კვანძი. აღნიშნულ ბლოკს აღმოსავლეთიდან და სამხრეთიდან ესაზღვრებიან სამკუთხედის და ტრაპეციის ფორმის ბლოკები (IV, V) რომლებიც ასევე რღვევებით არიან შემოსაზღვრული და ძირითადად შუა ეოცენის მესამე დასტით არიან აგებული. რაიონის სამხრეთ-დასავლეთ და სამხრეთ ნაწილში შუა ეოცენის მეორე და მესამე დასტებით აგებული სამკუთხედის ფორმის ბლოკებია (VI, VII), ხოლო აღმოსავლეთ ნაწილში ზედა ეოცენის ქანებით აგებული ბლოკი (VIII). ეს უკანასკნელი შუაზეა გაყოფილი განედური მიმართების ამოზიდული, ვიწრო ტექტონიკური ბლოკით (IX), რომელიც შუა ეოცენის მესამე დასტის ქანებითაა აგებული და ის დანარჩენ ბლოკებზე მეტადაა დისლოცირებული.

ამრიგად ნათელი ხდება რომ აჭარა-თრიალეთის დასავლეთი ნაწილი ბლოკური აგებულებისაა და ამ ბლოკების კონფიგურაციას ლინეამენტური სტრუქტურები განსაზღვრავენ, რომლებიც უფრო მასშტაბური სტრუქტურების შემადგენელი ნაწილებია და მათი განვითარება ხანგრძლივ გეოლოგიურ დროში ხდებოდა. შესაბამისად ისინი არეგულირებდნენ ბლოკებში სხვადასხვა სტრატეგრაფიულ დონეებს. არსებული გეოლოგიური მასალა ცალკეული ბლოკების სტრატეგრაფიული სვეტების ანალიზის საშუალებას არ იძლევა, თუმცა მათი როლი ქანების განაწილებაში ნათელია.

აჭარა-გურიის რაიონში, განსაკუთრებულ ინტერესს ოქროს გამოვლენები წარმოადგენენ, რომლებიც სივრვობრივად მცირე ზომის ფუძე შემადგენლობის ინტრუზივებთან ასოცირდებიან და როგორც წესი, მერიდიანულ სტრუქტურებთან არიან დაკავშირებული [3]. ზემოთქმულიდან გამომდინარე ჩვენს მიერ დადგენილი მერიდიანული ზონები, უამრავი ანალოგიური სტრუქტურებით, პერსპექტიულ შესასწავლ ფართებს წარმოადგენენ.

ლიტერატურა

1. Надирадзе В.В. Роль линеаментов в геологическом строении и распределении месторождений полезных ископаемых Кавказа. Труды АН Грузии Геологический Институт. Новая серия, Вып. 119, Тбилиси, 2004. с. 122-129.
2. Надирадзе В.В. Морфология линеаментных структур Кавказа и их роль в распределении полезных ископаемых. Мат. научной сессии, Проблемные вопросы геологии Кавказа. Институт Геологии НАН Азербайджана, Баку, 2006. с. 71-85.
3. Надирадзе В.В. Некоторые закономерности строения и рудоносности западной части Аджаро-Триалетии. Сб. Трудов КИМС. Тбилиси, 2009. с. 261-266.

NADIRADZE VAZHA

ADJARA-GURIA GEOLOGICAL STRUCTURE WITH INTERPRETING OF HIGH-SPACE MATERIALS

ANNOTATION. The geological structure of the Adjara-Guria region is defined by the fault zones of the orthogonal-diagonal system, which are the constituent parts (segments) of the transregional lineaments, and are well interpreted on high-space images. The block structure of the region is determined by fault zones. Nine tectonic blocks of different configurations and geological structures are separated. There are deciphered 11 and 12 km wide tectonic zones with meridian direction, compiled, replaced by a large number of faults and related dykes. The gold occurrences in the region are associated with meridian structures, that's why the identified tectonic zones are promising spaces for gold.

KEYWORDS: fault; structure; lineament; zone; block; tectonic; gold occurrence.

მირიან გაგნიძე

მეივერუდის მადნიანი ველის შესახებ

ანოტაცია. მეივერუდის მადნიანი ველის (ირანი) ამგები ქანებიდან ყველაზე ძველია ზედა ცარცული ტერიგენულ-კარბონატული ფლიშოიდები. ოლიგოცენური ინტრუზიული კომპლექსის ფლიშთან კონტაქტში ფორმირდება სკარნები. ინტრუზიულ კომპლექსთან და მისი პორფირული ფაზის წარმონაქმნებთან როგორც სივრცობრივად, ასევე გენეტურად დაკავშირებულია მადნიანი ველის მინერალიზაცია. მადნები განეკუთვნებიან ოქრო-კვარც-მცირესულფიდურ მინერალურ ტიპს, რომელიც წარმოდგენილია კვარც-მადნიანი ძარღვებით და შტოკვერკებით. მადნიან ველზე წვრილდისპერსიულ ოქროსთან ერთად, აღინიშნება ხილული თვითნაბადი ოქროც. ჰიდროთერმული ხსნარების ფუნქციონირება მიმდინარეობდა ერთ ეტაპზე, რომელიც გაწელილი იყო დროში. ინფორმაციამ შესაძლებელია პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვოს მსგავსი ტიპის საბადოების გეოლოგიის შესწავლის და ძებნა-ძიების წარმართვის საქმეში.

საკვანძო სიტყვები: მადნიანი ველი; ინტრუზივი; გრანოდიორიტ-პორფირები; სკარნი; ოქრო; კვარცი; შტოკვერკი.

რეცენზენტი: კავკასიის ალექსანდრე თვალჭრელიძის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი, გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა დოქტორი ა. კვიციანი.

მეივერუდის მადნიანი ველი მდებარეობს ჩრდილო-აღმოსავლეთ ირანში, მდინარე მეივერუდის ორივე ფერდზე.



სურ. 1. ჩაქცევის კალდეირა სოფელ ანდერიანის ჩრდილოეთით; კალდეირის ცენტრში შეინიშნება რამოდენიმე მცირე ტბა

მეივერუდის მადნიანი ველი განთავსებულია ანდერიანის კალდეირის სამხრეთ პერიფერიაზე (სურ. 1) და დაკავშირებულია ჩრდილო-დასავლეთი მიმართების მქონე დიორიტ-გრანოდიორიტული შედგენილობის მრავალფაზურ ინტრუზიულ კომპლექსთან.

მეივერუდის მადნიანი ველი შედგება რამდენიმე უბნისგან (ზელიმხანი, კახდერე, სილდიმდერე, მამადამინდერე, „შტოკვერკი“ და მისი ჩრდილო-დასავლეთი გაგრძელება-ასტარგანი), რომლებსაც გააჩნიათ მსგავსი გეოლოგიური აგებულება და განმხოლოებული არიან მხოლოდ გეომორფოლოგიურად უკავიათ რა ხეობებს-შორისი წყალგამყოფები (სურ. 2).



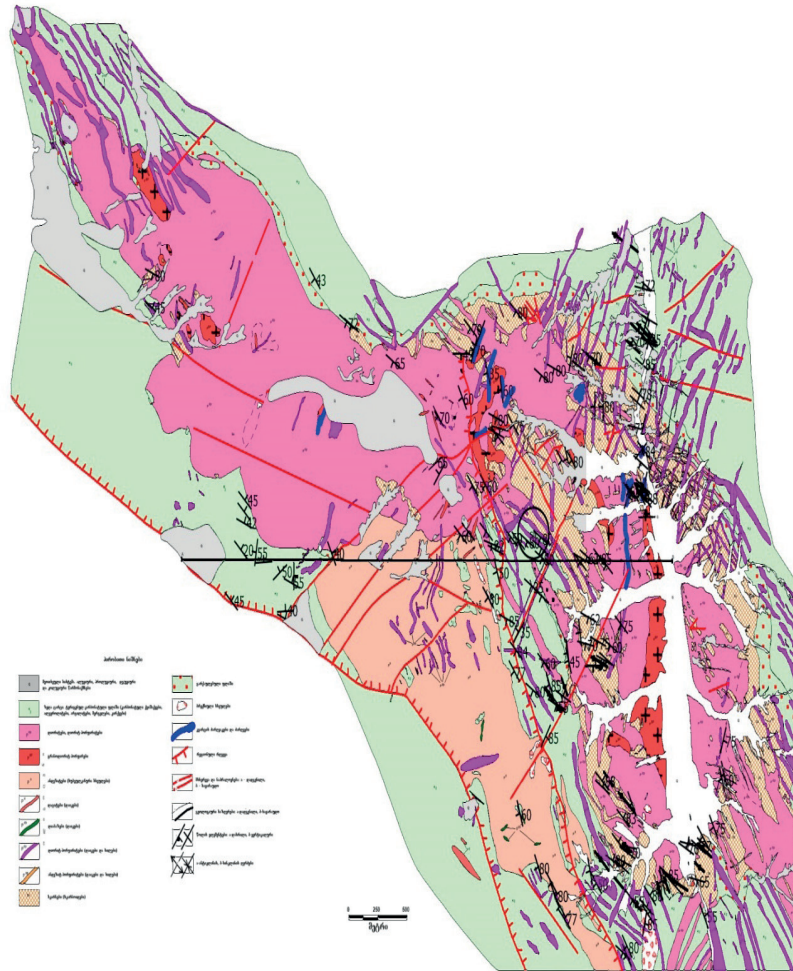
სურ. 2. მდინარე მეივერუდის ხეობა; მარცხენა ფერდი

მადნიანი ველის ამგები ქანებიდან ყველაზე ძველია ზედა ცარცული ტერიგენულ-კარბონატული ტურბიდიტები (ფლიშოიდები). იგი წარმოდგენილია კარბონატული ქვიშაქვების, ალევროლიტების, მერგელების, იშვიათად კირქვების თხელ (საშუალო) შრეებრივი რიტმული მორიგეობით. ფლიშურ წარმონაქმნებში ჭარბობს წვრილმარცვლოვანი შემადგენელი; ზოგან ფიქსირდება ოლისოსტრომული უბნებიც. ფლიშური ქანები შემოსაზღვრავენ მეივერუდის მადნიან ველს და გააჩნიათ მნიშვნელოვანი გავრცელება (ნახ. 1, 2).

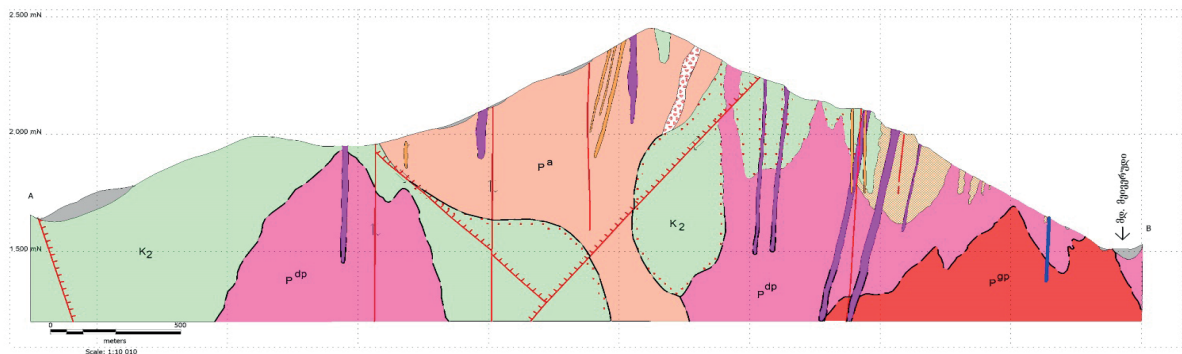
მეივერუდის მადნიანი ველის ცენტრალური ნაწილის ფარგლებში, ფლიშოიდური ქანები ქმნიან მონოკლინს, სამხრეთ-დასავლეთი დაქანებით $220-240^{\circ}$ აზიმუტით, $55-85^{\circ}$ დახრის კუთხით; ზოგან შეინიშნება მისი გართულება დაბალი რიგის ნაოჭებით, ფლექსურებით (ნახ. 3), ბუდინაჟი და გრავიტაციული გაღუნვები ფლიშური მორიგეობის პლასტიურობის გამო. აღნიშნული ბრაქინაოჭები ჩრდილო-დასავლეთი მიმართებისაა. ნაოჭების წარმოქმნის მაქანიზმია - გაღუნვა სხლეტვასთან ერთად.

მეივერუდის მადნიანი ველის გეოლოგიურ აგებულებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ოლიგოცენური მაგმატური ქანების კომპლექსი. მათ შორის აღსანიშნავია დიორიტული (მონცოდირიტული) ინტრუზია, რომლის ზედა ნაწილები დიორიტ-პორფირიტებითაა წარმოდგენილი. დიორიტ-პორფირიტები ქმნიან აგრეთვე შედარებით გვიანდელ, მაგრამ თანადროულ ურთიერთმართობულ ჩრდილო-

დასავლური და ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართულების დაიკებს (და სილებს). დიორიტული ინტრუზიული ჩარჩოს ფარგლებში მცირე ინტრუზიების და შტოკების სახით განთავსებულია გრანოდიორიტ-პორფირული ქანები. ინტრუზიებში ზოგან ფიქსირდება აპლიტის მარღვაკები.



ნახ. 1. მეივერუდის მადნიანი ველის გეოლოგიური რუკა



ნახ. 2. გეოლოგიური კრილი (პირობითი ნიშნები იხილეთ ნახ. 1-ზე)

მოცემული ერთიანი მაგმური სისტემის სუბვულკანურ ფაციესს წრმოადგენს ანდეზიტური სხეულები და მათი დერივატები. დაქვემდებარული გავრცელებისაა გვიანი დაციტური და დიაბაზური სხეულები.

მეივერუდის ინტრუზიული კომპლექსის ტერიგენულ-კარბონატულ ფლიშთან კონტაქტში ფორმირდება სკარნები. აღნიშნული მატსომატიტები წარმოდგენილი არიან ეპიდოტის, აქტინოლითის, დიოფსიდის, გროსულარის, კალციტის, კვარცის და მაგნეტიტის მინერალური ასოციაციით. მადნიან ველზე, სკარნები რელიეფში ქმნიან მაღალ, კლდოვან შვერილებს. ინტრუზივების აპოფიზების, სუბვულკანური სხეულების და დაიკების კონტაქტში კი (მათი მცირე ენერგეტიკული პოტენციალის გამო) წარმოიქმნებიან რქაულები.

მეივერუდის მადნიან ველზე არსებული კონტაქტური და ტექტონიკური ბრეჩიების გარდა, ფიქსირდება ერუპტიული ბრეჩიების იზოლირებული გამოსავლები.

მადნიანი ველის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობს აგრეთვე მეოთხეული ასაკის ქალის და ტერასული, კოლუვიური, შედარებით ნაკლებად პროლუვიური და დელუვიური წარმონაქმნები.

მადნიანი ველის სტრუქტურა გართულებულია სხვადასხვა გენეტური ტიპის, ძირითადად ჩრდილო-დასავლეთი და ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულების დიზუნქტიური სტრუქტურებით. ჩრდილო-დასავლეთი მიმართულების რეგიონული რღვევებიდან, მადნიანი ველის ცენტრალურ ზოლზე გამავალი რღვევის ზონა მაგმამადანმომყვანებს უნდა წარმოადგენდეს; რღვევებთან დაკავშირებული მოწყვეტის და სხლეტვის ტიპის ინტენსიური ნაპრალოვნების სისტემები, დიაგენეტურ და კონტრაქციულ ნაპრალებთან ერთად, მადანშემცველი ჰიდროთერმული ხსნარების ლოკალიზაციის ფუნქციას ასრულებდნენ.

ინტრუზიულ კომპლექსთან და მისი პორფირული ფაზის წარმონაქმნებთან როგორც სივრცობრივად, ასევე გენეტურად დაკავშირებულია მეივერუდის მადნიანი ველის ენდოგენური მინერალიზაცია. მადანმომიჯნავე მეტასომატიტები კი უპირატესად კვარც-სერიციტული ფაციესითაა წარმოდგენილი.

მეივერუდის მადნიანი ველის მადნები განეკუთვნებიან ოქრო-კვარც-მცირესულფიდურ მინერალურ ტიპს, რომელიც წარმოდგენილია კვარც-მადნიანი მარღვებით და შტოკვერკებით.

არსებობს ოქროსმატარებელი კვარცის მარღვების ჟეოდური, მუქი ნაცრისფერი წვრილკრისტალური და ანთიმონიტისანი სახესხვაობები. რაც შეეხება შტოკვერკულ მადნებს, ისინი წარმოდგენილი არიან ოქრო-სპილენძ-პორფირული მადნების შემცველი კვარცის სხვადასხვა ორიენტაციის მარღვაკებით (სურ. 3).

მეივერუდის ობიექტზე ფიქსირდება შემდეგი ჰიპოგენური მადნიანი მინერალები: პირიტი, ქალკოპირიტი, თვითნაბადი სპილენძი, გოგირდი, ვერცხლი და ოქრო, იშვიათად მოლიბდენიტი, ანთიმონიტი, არსენოპირიტი, სინგური, ტეტრაედრიტი, მაგნეტიტი, სფალერიტი, გალენიტი.



სურ. 3. მეივერუდის კვარცის წვრილძარღვაკოვანი შტოკვერკი გაკვარცებულ დიორიტში, მალაქიტის წანაცხებებით

ჰიპერგენული მადნიანი მინერალებიდან გვხვდება: რკინის და მანგანუმის ჰიდროქსიდები, იაროზიტი, მალაქიტი, აზურიტი, ბორნიტი, ქალკოზინი, კოველინი.

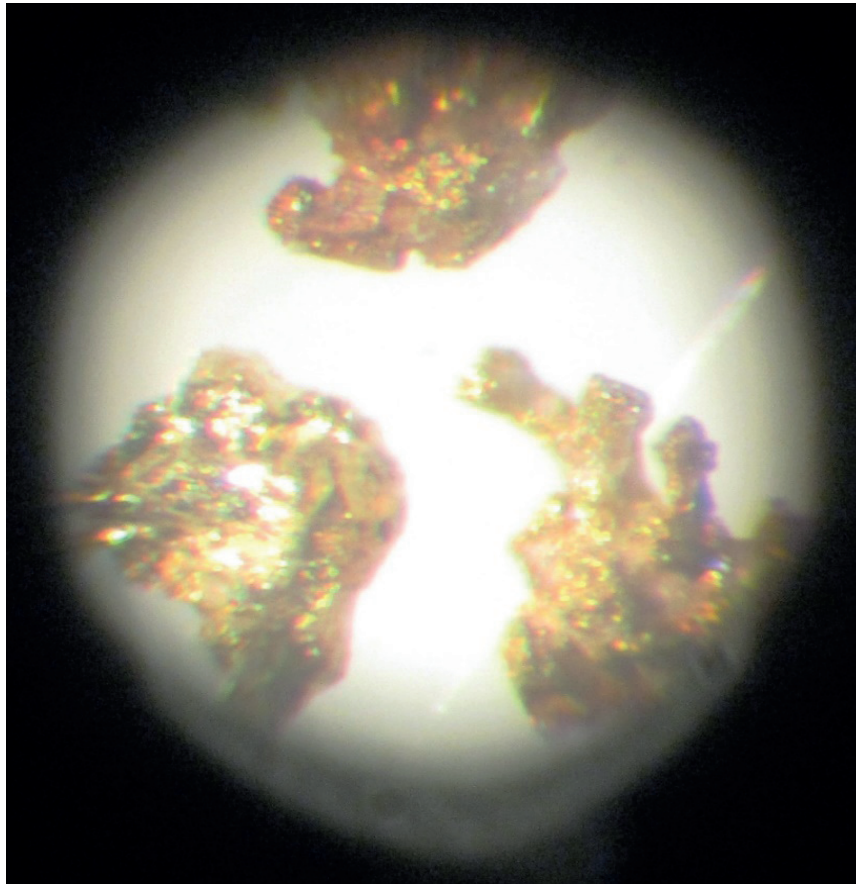
ძარღვული მინერალებიდან აღსანიშნავია: კვარცი, კალციტი, ცეოლითი, ანჰიდრიდი, ოპალისებრი კვარცი.

მეივერუდის მადნიან ველზე წვრილდისპერსიულ ოქროსთან ერთად, აღინიშნება ხილული თვითნაბადი ოქროც (სურ. 4).



სურ. 4. ხილული ოქრო (მონიშნული შავი არშის შიგნით). გაკვარცებული ზონა, ასტარგანის უბანი

თვითნაბადი ოქროს მარცვლები სხვადასხვა: უსწორმასწორო, იზომეტრული, ფირფიტისებრი, დენდრიტული, მარყუჟისებრი, ღრუბლისებური, ნაჭდევისებრი ფორმისაა (სურ. 5) და ხასიათდება ძლიერ არათანაბარი განაწილებით.



სურ. 5. ნაჭდევისებრი ფორმის თვითნაბადი ოქროს მარცვლები. ხელოვნური შლიხი ბინოკულარში გადიდება 12.5-ჯერ

მრავალფაზური ინტრუზიული კომპლექსის არსებობა, სხვადასხვა ტიპის ნაპრალოვნების ერთობლიობა, ძარღვული და შტოკვერკული გამადნება და მათი შიგა აგებულების თავისებურებები, ჰიდროთერმალიტების შემადგენელი მაღალ-ტემპერატურულიდან - დაბალტემპერატურულამდე მინერალური ასოციაციები და მათი შესაბამისი სტრუქტურული და ტექსტურული სახესხვაობები და სხვა მიუთითებენ, რომ ტექტონურ-მაგმური აქტივიზაციისას, კომპლექსური შედგენილობის მადანშემცველი ჰიდროთერმული ნარჩენი ხსნარების ფუნქციონირება მიმდინარეობდა ერთ ეტაპზე, რომელიც გაწეილი იყო დროში. შესაბამისად, მეივერუდის მადნიანი ველი ერთობ პერსპექტიულია მადნების დაგროვების თვალსაზრისით.

ამგვარად, მოცემულმა ინფორმაციამ შესაძლებელია პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვოს მსგავსი ტიპის საბადოების გეოლოგიის შესწავლის და ძებნა-ძიების წარმართვის საქმეში.

GAGNIDZE MIRIAN

ABOUT THE MEIVERUD ORE FIELD

ANNOTATION. Among the rocks of the Meiverud ore field (Iran), the oldest are the Upper Cretaceous terrigenous-carbonate flyschoids. Skarns are formed in the contact between the Oligocene intrusive complex and the flysch. Mineralization of the ore field is spatially and genetically related to the intrusive complex and the formations of its porphyry phases. The ores belong to the gold-quartz-small-sulfide mineral type, which are represented by quartz-ore veins and stockworks. Nugget gold visible with the naked eye is also observed in the ore field along with finely dispersed gold. The functioning of the hydrothermal solution proceeded in one stage, which was prolonged in time. The information may be of practical value in studying the geology and exploration of this type of deposit.

KEYWORDS: ore field; intrusive; granodiorite porphyry; skarn; gold; quartz; stockwork.

გიორგი მინდიაშვილი, გიორგი იოზიძე, თორნიკე ლიპარტია, ნინო ჯაფარიძე, ქეთი ბენაშვილი, ილია ბლუაშვილი, მათე კვიციანი, დავით მეკოკიშვილი, დავით ბლუაშვილი

დისტანციური ზონდირების მეთოდით მიღებული მონაცემების ინდეტიფიკაცია ბექთაკარი-ბნელიხევის მადნიანი კვანძის ფარგლებში

ანოტაცია. დისტანციური ზონდირების მეთოდით მიღებული მონაცემები ფართოდ გამოიყენება მრავალ გეოლოგიურ დარგში, მათ შორის მინერალური რესურსების ძებნის საქმეში. ჩვენი კვლევა ეძღვნება ბექთაკარი-ბნელიხევის საბადოების და მათი მიმდებარე ტერიტორიების შესწავლას, რაც გამოიხატება საკვლევ ტერიტორიაზე ლითოლოგიური მახასიათებლების დადგენაში, მინერალური ინდექსების და ინდიკატორების გამოვლენაში, სტრუქტურული ნიშნების შესწავლაში, ჰიდროთერმულად შეცვლილი უბნების განსაზღვრასა და მათში მეტალური მინერალიზირებული უბნების გამოვლენაში. ლითოლოგიური რუკების შესაქმნელად გამოყენებულ იქნა FCC და CRC ალგორითმების თანაფარდობის კომპოზიტები. ასევე გამოყენებული იყო ძირითადი კომპონენტის ანალიზის PCA ტექნიკა. შეცვლილი ზონები მივიღეთ სპექტრული ინდექსების თანაფარდობის მეთოდით. კვლევაში აგრეთვე გამოვიყენეთ სპექტრული აღნიშვნების კონტროლირებადი SAM და SID მეთოდები, ასევე შეზღუდული ენერჯის მინიმიზაციის CEM ტექნოლოგია. მიღებული მონაცემები, რომელთა დამუშავების ძირითად მიზანს წარმოადგენდა ჰიდროთერმულად შეცვლილი უბნების გამოვლენა, ინტეგრირებულია სტრუქტურულ ერთეულებთან. კვლევა განხორციელდა google earth engine, Qgis, გამოსახულების ვიზუალიზაციის გარემოს პროგრამული პაკეტებისა და python პროგრამული ენის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: დისტანციური ზონდირება; სპექტრული ინდექსები; მინერალური რესურსები; სტრუქტურული ერთეულები; სპექტრული აგეგმვა და სპექტრული დივერგენცია.

რეცენზენტი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის პროფესორი, **ზ. ლაოშვილი.**

უკანასკნელ წლებში, სატელიტური სურათები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა გეოლოგიური აპლიკაციების თუ პლატფორმების შესაქმნელად. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სატელიტური [1, 2] მონაცემების როლი ლითოლოგიური რუკების შედგენაში და ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონების გამოვლენაში [3, 4], რომლებიც უმეტეს შემთხვევაში შეიცავენ მადნიან მინერალიზაციას.

წინამდებარე კვლევაში გამოყენებულია ASTER-ის (თანამედროვე გამოთვლითი და თერმოსეისმური გამოსახულებითი რადიომეტრი) მონაცემები ბექთაკარი-

ბნელიხევის საბადოებზე და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონების დასადგენად და მეტალური მადნიანი მინერალიზაციის განაზღვრისათვის. საკვლევი ტერიტორიისა და ASTER-ის მრავალსპექტრული სატელიტური მონაცემების სპეციფიკიდან გამომდინარე კვლევისათვის წინასწარ შეირჩა და მომზადდა დისტანციური ზონდირების საერთაშორისო სტანდარტით დადგენილი რამოდენიმე მეთოდი და ტექნიკა [2, 3], მათ შორის ფერთა თანაფარდობის კომპოზიტები FCC, CRC, ძირითადი შემადგენელი PC, სპექტრული თანაფარდობის ინდექსები, სპექტრული ინტერვალების მათემატიკური დამუშავებით მიღებული ინდიკატორები, შეზღუდული ენერჯის მინიმიზაცია CEM [3, სპექტრულ აღნიშვნებზე დაფუძნებული კონტროლირებადი კლასიფიკაცია, სპექტრული აგეგმვა SAM [6] და სპექტრული ინფორმაციის დივერგენცია SID [7]. მიღებული შედეგები ინტეგრირდა ობიექტზე და მანქანურ სწავლებაზე დაფუძნებულ ალგორითმებთან OBIA და SVM [8].

მონაცემები და მეთოდები. ASTER L1b დონის გამოსახულების მონაცემები ერთობლივად შემუშავებულია ამერიკის და იაპონიის თანამგზავრის მიერ Terra-ს პლატფორმაზე. ჩვენს კვლევაში გამოყენებული მონაცემების მიღების თარიღია 2003 წლის 17 ივნისი. ნაშრომი მაქსიმალურად რომ ყოფილიყო შედეგზე ორიენტირებული, ამისათვის გამოყენებულია სატელიტური მონაცემების დამუშავების სხვადასხვა მეთოდი.

ASTER მონაცემების წინასწარი დამუშავება. სატელიტური სურათების უმეტესობა ციფრული მონაცემების სახითაა. ამიტომ ციფრული გამოსახულება ინახება [9] ციფრული რიცხვების და ციფრული ნომრების სახით, რომლებიც მერყეობს 0-დან 255-მდე მასშტაბის ინტენსივობის მნიშვნელობებში.

მონაცემების გეომეტრიული პროექცია (გეორეფერენსირება). ეს ფუნქცია გამოიყენება იმის უზრუნველსაყოფად, რომ სატელიტური გამოსახულება გასწორდეს რეალურ კოორდინატებზე. შესაბამისად, ყველა სივრცითი და გეოგრაფიული მონაცემი გასწორდა, გადაეფარა და მოერგო კოორდინატებს. ზოგადად, ASTER L1b დონის მონაცემები არის გეომეტრიულად რეგისტრირებული, თუმცა სატელიტის ადგილმდებარეობის და მორფოლოგიური ფაქტორების გამო ხშირად ჩნდება გარკვეული გეომეტრიული უზუსტობები. მაგალითად ჩვენი საკვლევი ტერიტორიის სატელიტური გამოსახულება გადახრილი იყო ჩრდილოეთიდან აღმოსავლეთით დაახლოებით 9 გრადუსით, ამიტომ მოხდა მისი გეომეტრიული კორექცია, მოერგო ჩრდილოეთს და რეფერენსირდა ჩვენს საკოორდინატო სისტემაში WGS 1984 UTM ZONE 38N.

ჯვარედინი გამოსხივების კორექტირება. ხშირია ASTER მონაცემების SWIR (მოკლე ტალღური ინფრაწითელი) სენსორში სიგნალის გაფანტვის პრობლემა, რაც აისახება დეტექტორზე და ფილტრის საზღვრებზე. გაფანტული სიგნალი ტრანსპორტირდება მრავალჯერადი ანარეკლით. აღნიშნულის მოსაგვარებლად აუცილებელია მოკლეთალღური ინფრაწითელის სპექტრული დიაპაზონები დამუშავდეს ჯვარედინი შესწორების ალგორითმით.

ციფრული რიცხვების, სპექტრული არეკვლის და სპექტრული გამოსხივების კალიბრაცია. პირველადი სატელიტური მონაცემები მოდის როგორც ციფრული ნომრები, რომლებიც ენიჭება გამოსახულებაში თითოეულ პიქსელს, ეს რიცხვები გარდაიქმნება სპექტრულ გამოსხივებად, ამის შემდეგ სპექტრული გამოსხივება გარდაიქმნება სპექტრულ ანარეკლად. ასეთი კონვერტაციის პროცესები ხორციელდება რთული მათემატიკური განტოლებების კომპლექტის მეშვეობით. ჩვენ მოვახერხეთ DN მნიშვნელობების გარდაქმნა და განვახორციელეთ მათი ასახვა სპექტრომეტრზე [10].

მონაცემების ატმოსფერული კორექტირება. ეს პროცესი ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან ის მოიცავს ატმოსფეროს არეკვლის (TOA) გარდაქმნას და ატმოსფერული არეკვლილი ზედაპირის მოხსნას. ატმოსფერული აირები, როგორცაა CO₂ და წყლის ორთქლი, ასევე მტვრის ნაწილაკები იწვევს შეცდომებს სპექტრულ ანარეკლში. სუფთა ზედაპირის უზრუნველსაყოფად ატმოსფერული კორექტირება განხორციელდა FLAASH მოდულის გამოყენებით [11].

სივრცითი გარჩევადობა. სივრცითი გარჩევადობა არის პიქსელის ზომა (სურათზე ყველაზე პატარა ერთეული). ASTER-ის ქვესისტემებს (VNIR, SWIR და TIR) აქვთ სხვადასხვა სივრცითი გარჩევადობა, VNIR (ხილული ინფრაწითელი) ქვესისტემა არის 15 მ, SWIR (მოკლე ტალღური ინფრაწითელი) ქვესისტემა არის 30მ და TIR (თერმული ინფრაწითელი) ქვესისტემა 90მ. ქვესისტემების ფენების მორგების ფუნქცია LS გამოვიყენეთ მონაცემების შერწყმის მიზნით. დაბალი გარჩევადობის მონაცემები VNIR უფრო მაღალი სივრცითი გარჩევადობის მისაღებად შეერწყა SWIR მონაცემებს. ამ ფუნქციის გამოყენების შედეგად მივიღეთ SWIR მონაცემები 30 მეტრის ნაცვლად 15 მეტრიანი რეზოლუციით.

მეთოდები ASTER-ის მონაცემების მაღლიან გეოლოგიაში ინტერპრეტაციისთვის. ზემოთ განხილული ეტაპების შესრულების შემდეგ ASTER-ის მონაცემები მზად არის გეოლოგიური დამუშავებისათვის. ჩვენთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იყო გამაღნებასთან დაკავშირებული პარამეტრების დადგენა-შესწავლა. ამ განზრახვით გამოვიყენეთ შემდეგი მეთოდები: ფერთა თანაფარდობის კომპოზიტები FCC, CRC, ძირითადი შემადგენელი PC, სპექტრული თანაფარდობის ინდექსები სპექტრული ზოლების მათემატიკური დამუშავებით მიღებული ინდიკატორები, შეზღუდული ენერჯის მინიმიზაცია CEM, სპექტრულ აღნიშვნებზე დაფუძნებული კონტროლირებადი კლასიფიკაცია, სპექტრული აგეგმვა SAM და სპექტრული ინფორმაციის დივერგენცია SID. მიღებული შედეგები ინტეგრირდა ობიექტზე და მანქანურ სწავლებაზე დაფუძნებულ ალგორითმებთან OBIA, SVM.

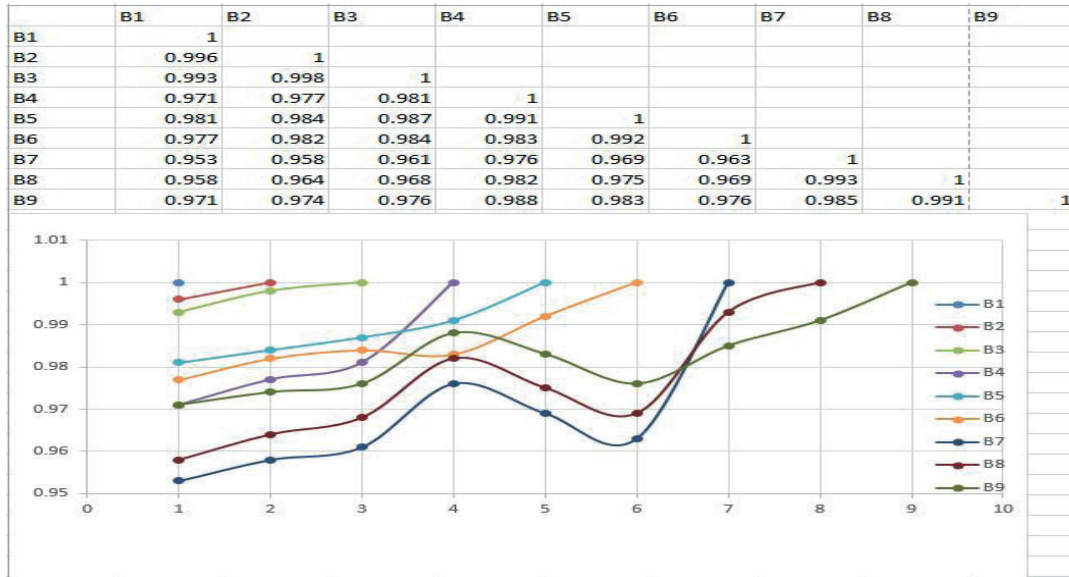
შედეგები. დისტანციური ზონდირების მეთოდის განსაკუთრებული ასპექტი არის ის, რომ ის უზრუნველყოფს მონაცემების დამუშავებას მრავალ სპექტრულ ზოლში. ASTER მონაცემები შეიცავს თოთხმეტ სპექტრულ დიაპაზონს [12]. FCC გამოსახულების ვიზუალიზაციისთვის საჭიროა განსაკუთრებული სპექტრული კომპოზიტები, შესაბამისი ცხრა სპექტრული ინტერვალით. ფერთა კომბინაცია უნდა იყოს წითელი, მწვანე და ლურჯი (RGB). ასე რომ, ჩვენ გვაქვს სამმაგი სპექტრული ინტერვალის შესაძლო კომბინაციების ფართო არჩევანი. სპექტრული მონაცემების ინტერვალის შესაძლო კომბინაციების რაოდენობის გამოსათვლელად გამოვიყენეთ ფორმულა $(N/3)=N!/3!(N-3)!$, სადაც N არის სპექტრული ინტერვალის რაოდენობა, ASTER VNIR-SWIR ქვესისტემების ცხრა სპექტრული დიაპაზონისთვის. არსებობს 84 შესაძლო კომბინაცია. იმისათვის რომ წარმატებით შესრულდეს FCC კომპოზიტური გამოსახულების შესაბამისი ინტერვალებით გამოსახვა, ამისათვის არსებობს ორი განსხვავებული გზა: კორელაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა და ოპტიმალური ინდექსის ფაქტორის (OIF) დადგენა.

კორელაციის კოეფიციენტის მეთოდი. კორელაციის კოეფიციენტი არის სტატისტიკური მეთოდი, რომელიც გამოხატავს რამდენად ძლიერია ორ ცვლადს შორის წრფივი დამოკიდებულება. რაც უფრო მცირეა კორელაციის კოეფიციენტი, მით უფრო დიდია განსხვავება მონაცემებში და პირიქით [13]. VNIR-SWIR სპექტრული დიაპაზონების კორელაციური მატრიცა წარმოდგენილია ცხრილში (1). კორელაციის

კოეფიციენტის მეთოდის შედეგებიდან დაფიქსირდა დადებითი კორელაცია ASTER VNIR-SWIR სპექტრულ ინტერვალებს შორის (ცხრილები 1 და 2). მაგრამ ინტერვალები 1, 2, 7 და 8 შედარებით დაბალია სხვა სპექტრულ დიაპაზონებთან შედარებით. საუკეთესო მონაცემები მოცემულია ცხრილში (2).

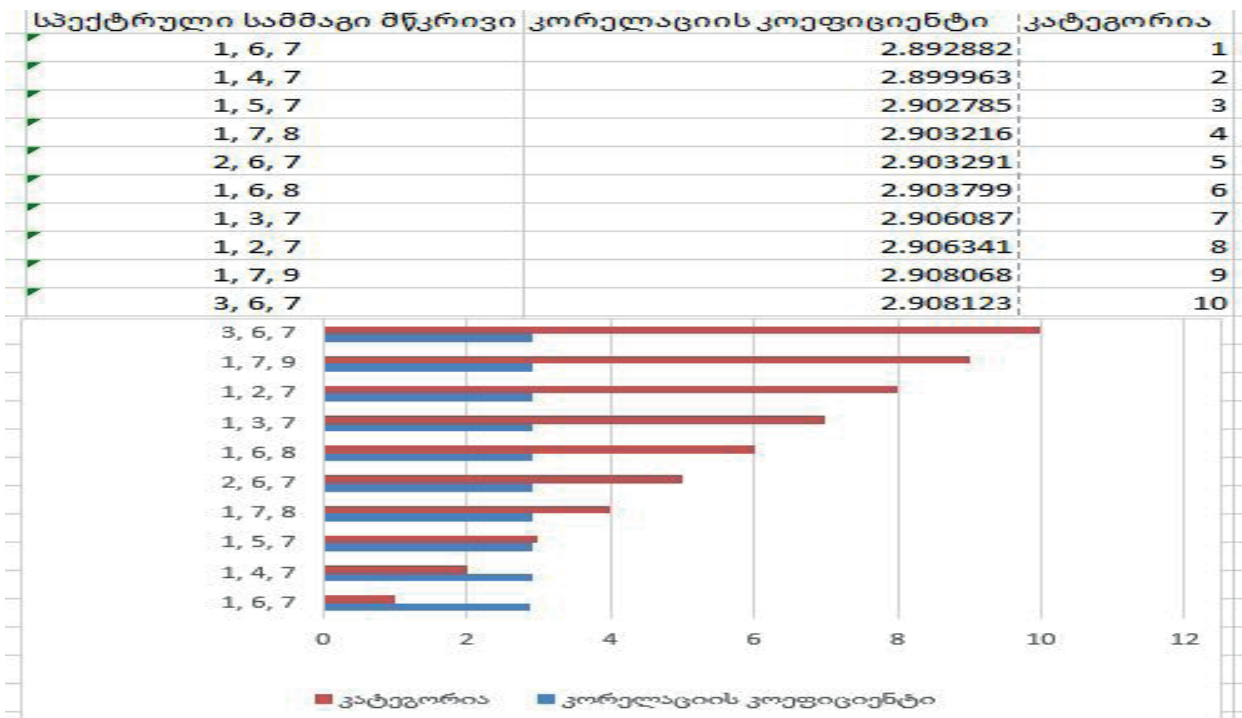
ცხრილი 1

კვლევის არეალის ASTER VNIR-SWIR მონაცემების კორელაციის კოეფიციენტი



ცხრილი 2

კორელაციის კოეფიციენტის დადებითი მონაცემები სპექტრული ინტერვალების სამმაგი მწკრივისთვის



ოპტიმალური ინდექსის ფაქტორი (OIF). OIF არის R-G-B სახით გამოყვანილი სამი შესაძლო სპექტრული ინტერვალის სტატისტიკური გამოთვლა. OIF ტექნიკა გამოყენებული იყო ASTER VNIR-SWIR ცხრა სპექტრული ინტერვალისთვის.

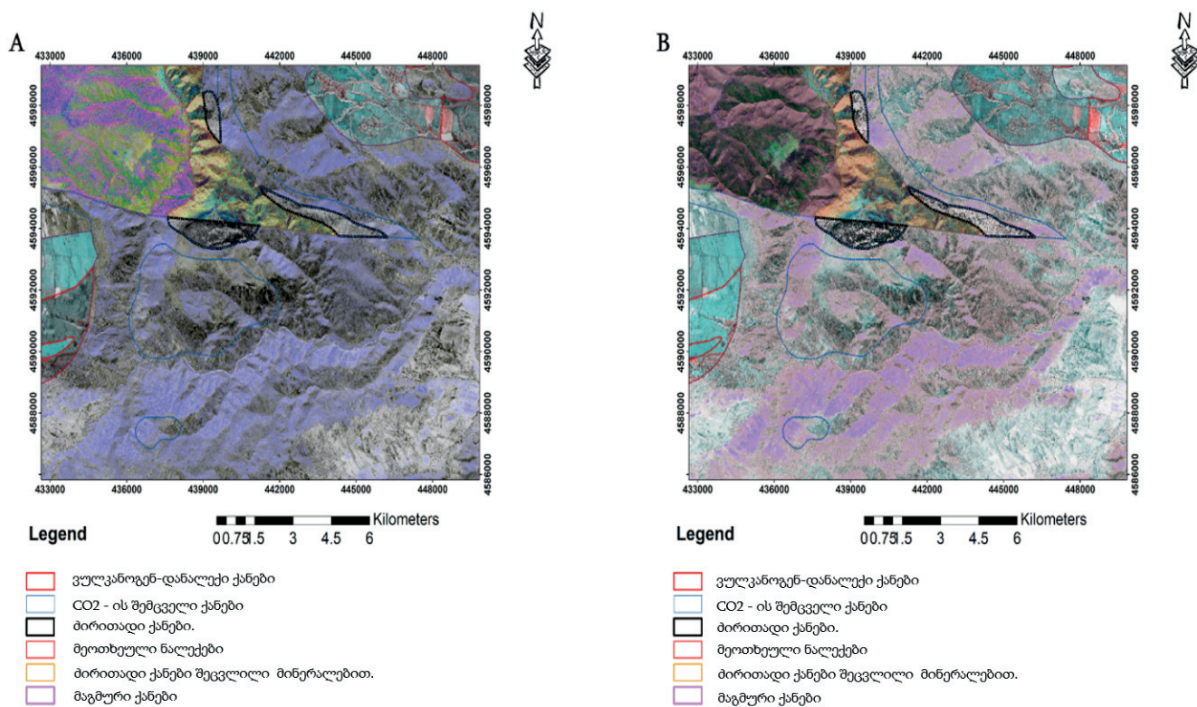
საუკეთესო ათი ინტერვალის სამმაგი კომპოზიტი შესაძლებლობები დალაგდა კლებადობით (ცხრილი 3). რაც უფრო მაღალია OIF მნიშვნელობები [14], მით მეტი ინფორმაცია გააჩნია. ასე რომ, OIF-ის უფრო მაღალი მნიშვნელობები გამოვიყენეთ ლითოლოგიური ინფორმაციის მოსაპოვებლად.

ცხრილი 3

საკვლევი ტერიტორიის VNIR-SWIR-ის OIF მონაცემები

ორივე მეთოდით მიღებულმა მონაცემებმა აჩვენა რომ მათ გააჩნიათ თითქმის ყველა ASTER VNIR-SWIR დიაპაზონებზე უკეთესი გარჩევადობა. მიღებული სამმაგი რანგის დიაპაზონებიდან ლითოლოგიური მახასიათებლების გამოვლენის თვალსაზრისით საუკეთესოა R – 7, B- 2, G – 1 და R – 7, B – 3, B – 1 კომპოზიტები (სურ.1)

სპექტრული სამმაგი მწკრივი	ოპტიმალური ინდექს ფაქტორი	კატეგორია
1, 2, 3	47.94864204	1
1, 2, 4	38.77910803	2
1, 2, 7	36.59802721	3
1, 2, 8	36.15756466	4
1, 2, 5	36.08277367	5
1, 2, 6	35.64442541	6
1, 2, 9	35.64442541	7
1, 3, 4	35.21589781	8
2, 3, 4	33.76479559	9
1, 3, 7	33.00345688	10



სურ.1. A. ASTER FCC გამოსახულება RGB 7, 2, 1

B. ASTER OIF გამოსახულება RGB 7, 3, 1

სპექტრული დიაპაზონის თანაფარდობის კომპოზიტები (CRC)-სპექტრული თანაფარდობის გამოსახულებების კომპოზიტი მიიღება DN რიცხვითი მნიშვნელობის გაყოფით ერთ დიაპაზონში შესაბამის DN რიცხვით მნიშვნელობაზე მეორე

დიაპაზონში [16]. თითოეული პიქსელისთვის, მიღებული მნიშვნელობის გაჭიმვა და ახალი მნიშვნელობის გამოსახულების სახით გამოსახვა ეფექტური მეთოდია ქანების ტიპების გასარჩევად, რადგან ის შლის პირველი რიგის სიკაშკაშის ეფექტს (ცრუ ეფექტს) გამოწვეულს ფერდობებიდან არეკვლილი სინათლის გამო და აძლიერებს ფერთა დახვეწილ ვარიაციებს. სპექტრული დიაპაზონის თანაფარდობის მეთოდი გამოიყენება ტოპოგრაფიული ცვალებადობისა და სიკაშკაშის (ცრუ ეფექტი) ჩასახშობად. ჩვენ ASTER-ის სხვადასხვა სპექტრული დიაპაზონების თანაფარდობის კომპოზიტებზე განვახორციელეთ ტესტირებები და ლითოლოგიური ერთეულების დისკრიმინა-ციისთვის გამოვლინდა საუკეთესო სპექტრული თანაფარდობები-(5/7, 4/5, 3/1). მიღებული ASTER-ის სპექტრული დიაპაზონების თანაფარდობის კომპოზიტი გამოვიყენეთ ძირითადი კომპონენტის ანალიზის (PCA) ჩასატარებლად.

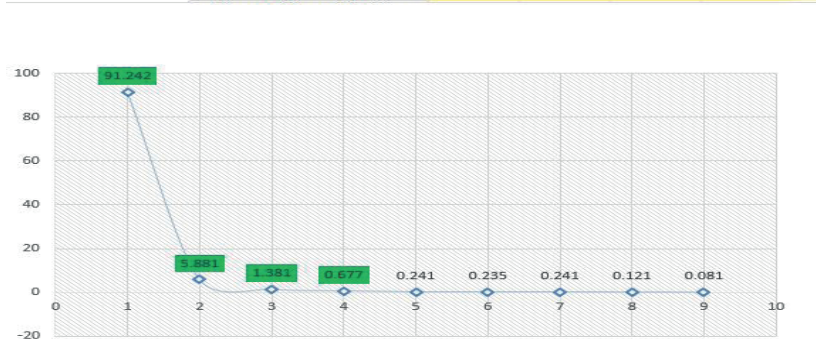
ძირითადი კომპონენტის ანალიზი (PCA)-PCA არის სტატისტიკური მეთოდი, რომელიც გამოიყენება ზედმეტი ინფორმაციის შესამცირებლად სპექტრულ ანარეკლში. მულტისპექტრული გამოსახულების ზოლები ხშირად ურთიერთ კორელაციაშია, ანუ ვიზუალურად და რიცხობრივად მსგავსია, რის შედეგადაც მნიშვნელოვანი გეოლოგიური ინფორმაცია შეიძლება დაიკავოს. მსგავსი ფაქტის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება PCA ტექნიკა [14].

ASTER VNIR-SWIR მონაცემების საკუთრივ ვექტორული მატრიცის (ცხრილი 4) ანალიზის შედეგად გაირკვა, რომ PC4, PC3, PC2 სპექტრული დიაპაზონები ყველაზე ინფორმაციულ მონაცემებს შეიცავს მაქსიმალური დისპერსიით და გამოსადეგია ლითოლოგიური კონტაქტების დადგენის მხრივ (სურ. 2) ასევე ინფორმაციულია მინერალური ინდექსების და ინდიკატორების გამოვლენის თვალსზრისით (სურ. 3, 4 და 5).

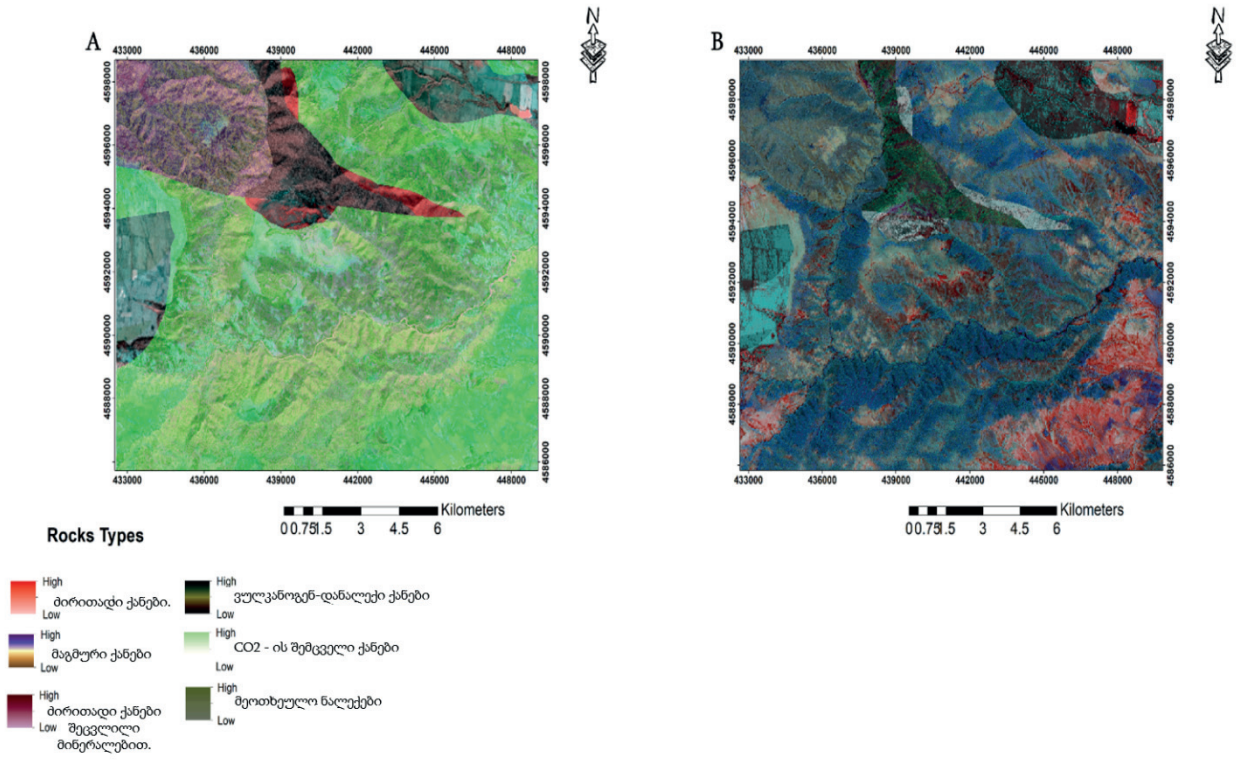
ცხრილი 4

ASTER-ის საკუთრივ ვექტორული მატრიცა და ძირითადი კომპონენტის ანალიზის მონაცემები

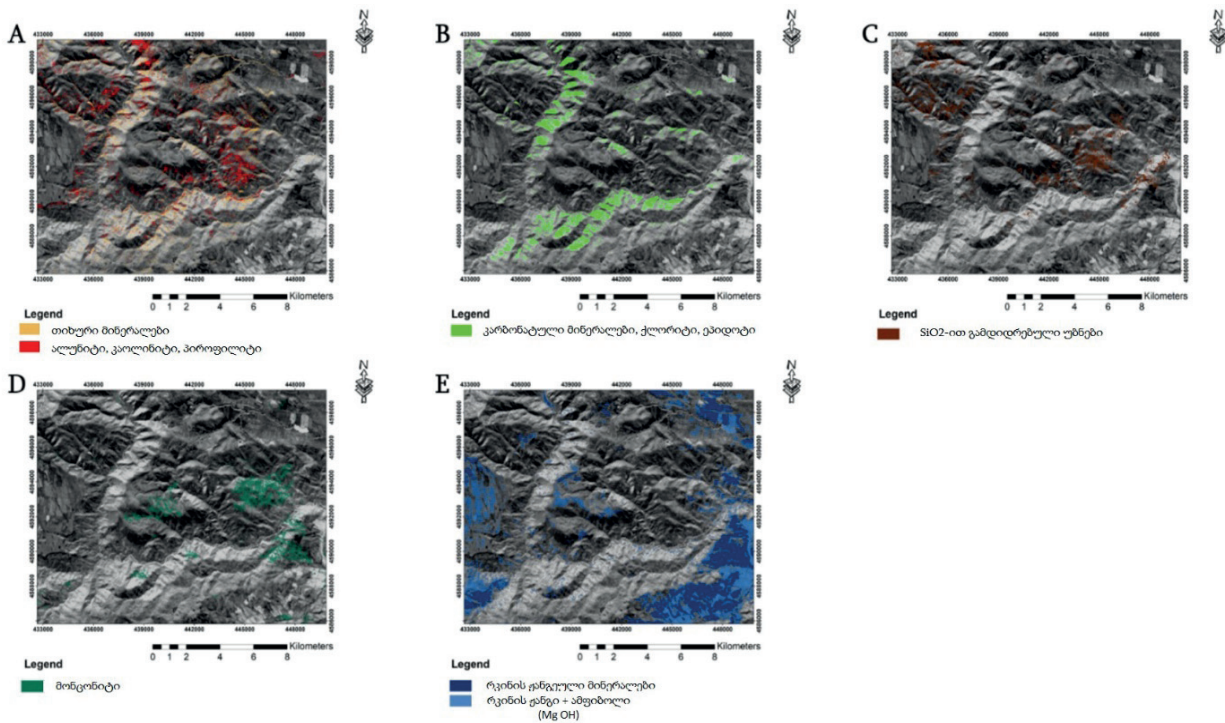
		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
VNIR	Band1	0.985	0.17	0.005	-0.006	-0.003	0.008	-0.0003	0.001	0.001
VNIR	Band2	-0.171	0.984	0.03	0.031	0.011	-0.009	0.004	0.0006	-0.0009
VNIR	Band3	0.0001	-0.03	1	-0.006	-0.002	0.007	0.0001	0.001	0.001
SWIR	Band4	-0.011	0.029	-0.005	-0.999	0.013	-0.02	0.003	-0.002	-0.002
SWIR	Band5	0.001	-0.007	-0.0008	0.005	0.949	0.314	-0.002	0.003	0.003
SWIR	Band6	-0.1	0.011	-0.007	-0.023	-0.314	0.949	0.015	0.0004	-0.003
SWIR	Band7	0.001	-0.004	-0.0001	0.003	0.006	-0.013	1	0.009	0.004
SWIR	Band8	0.001	0.0006	0.001	0.002	0.002	0.001	0.009	-1	-0.001
SWIR	Band9	-0.002	0.0008	-0.001	-0.003	-0.004	0.002	-0.004	-0.001	1
მნიშვნელობები.		136.06	8.77	2.06	1.01	0.36	0.35	0.36	0.18	0.12
ინფორმაცია %		91.242	5.881	1.381	0.677	0.241	0.235	0.241	0.121	0.081
ინფორმაციის მჯამება %		100%								



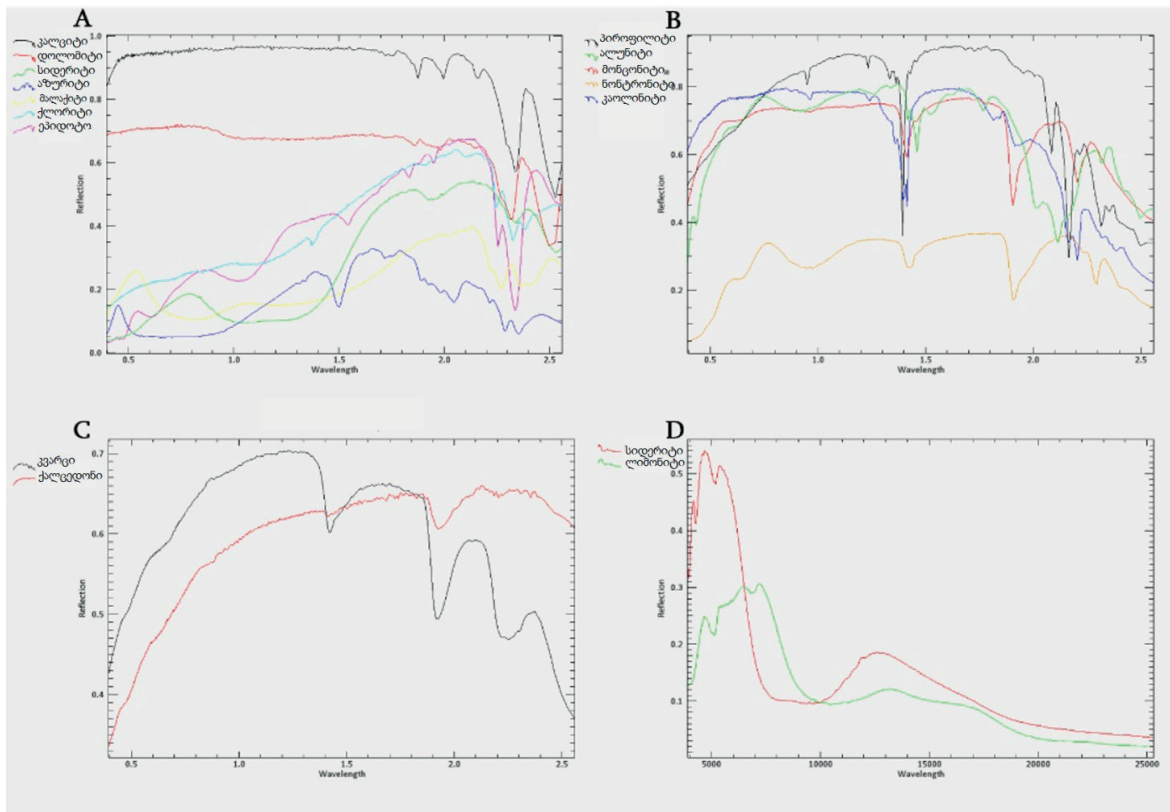
სურ. 2.



სურ. 3. A. ASTER PC4, PC3, PC2. B. PC2, PC4, PC3



სურ. 4. ASTER PCA მინერალურ ინდექსებზე დაფუძნებული SWIR სპექტრული დიაპაზონების მათემატიკური დამუშავების და თანაფარდობის მეთოდით გამოყოფილი მინერალური ინდიკატორები



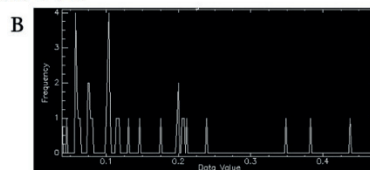
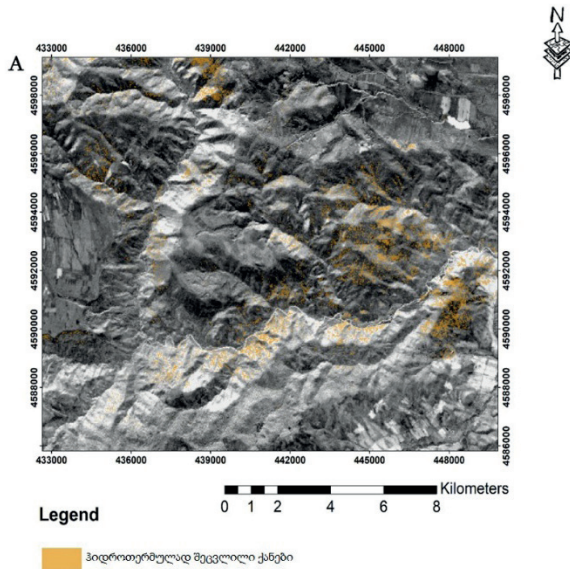
სურ. 5. მინერალური ინდიკატორების არეკვლის მაჩვენებლები

მინერალური ინდიკატორების დამუშავებით, მათი სპექტრული თანაფარდობით და კომპოზიტიური კორელაციის საფუძველზე საკვლევ ტერიტორიაზე გამოვლინდა ჰიდროთერმულად შეცვლილი ქანების საერთო ფონი (სურ.6)

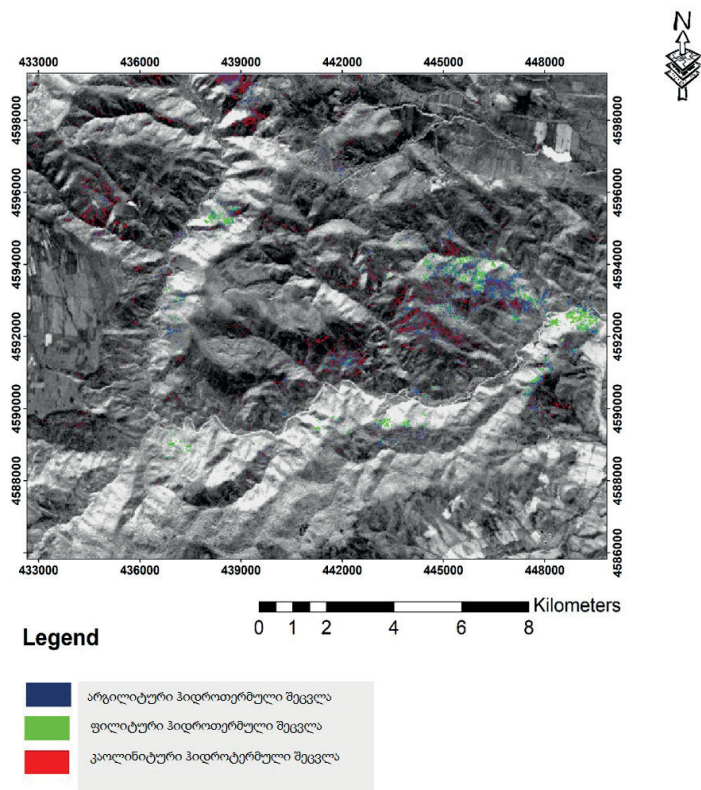
მიღებული შეცვლილი ქანების მონაცემები გაანალიზდა CEM, SAM, SID ალგორითმებით, რის შედეგადაც მოხდა ჰიდროთერმულად შეცვლილი უბნების კლასიფიცირება ქიმიური და მინერალოგიური ნიშნებით. საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში გამოიყო სამი ტიპის ჰიდროთერმული შეცვლა: არგილიტიზაცია, ფილიტიზაცია და კაოლინიზაცია (სურ. 7).

კვლევის შედეგად მიღებული ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონების რუკა მორგებული SAM, SID მონაცემების არეკვლის მაჩვენებლებზე (სურ. 8) გაანალიზდა SVM მეთოდით, რის შედეგადაც ჰიდროთერმულად შეცვლილ ზონებში გამოვლინდა მადნიანი მინერალიზაციის ანომალიური შემცველობები (სურ. 9). აღსანიშნავია ის რომ მადნიანი მინერალიზაცია ემთხვევა ჰიდროთერმულად შეცვლილ ზონებს.

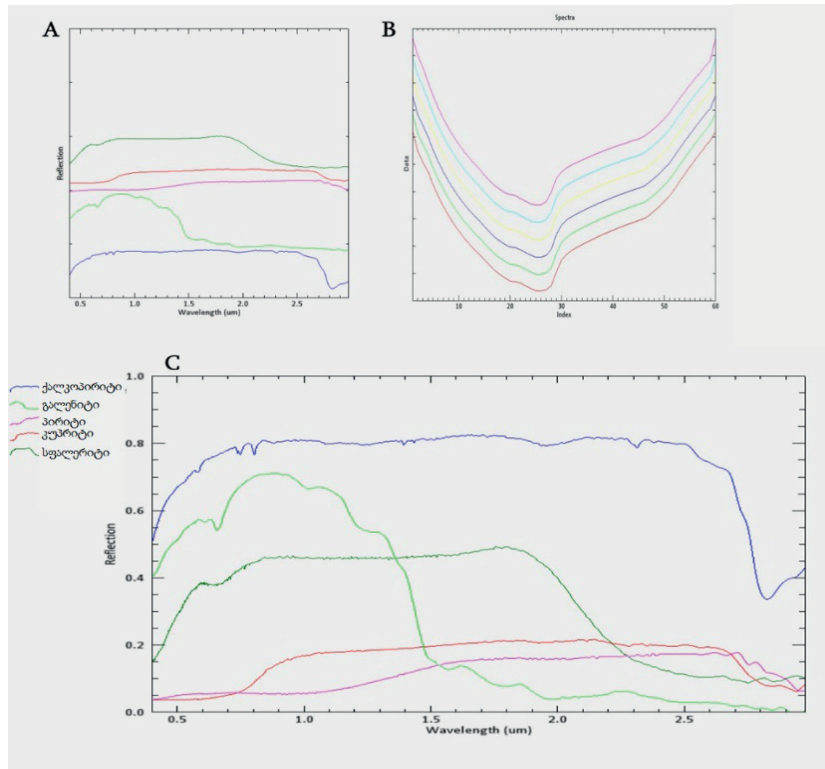
ხაზოვანი სტრუქტურების (ლინიამენტების) გამოვლენა-ASTER ციფრული DTM მოდელის, ხილული ინფრაწითელის VNIR B3-ის და მოკლე ტალღური ინფრაწითელის SWIR B4, B5, B6 მონაცემების ინტერპრეტაციის საფუძველზე საკვლევ ტერიტორიაზე გამოვლინდა ხაზოვანი სტრუქტურები (ლინიამენტები). ზოგადად ლინიამენტები წარმოადგენენ სტრუქტურებს, რომლებიც წარმოქმნილი არიან გარკვეული დეფორმაციების შედეგად. მათ შეიძლება მიეკუთვნებოდნენ რღვევები, ტექტონიკური და არატექტონიკური ნაპრალები, მსხვრეის ზონები და გამოფიტვის შედეგად ჩამოყალიბებული ხაზოვანი ტიპის მორფოლოგიური სტრუქტურები [17].



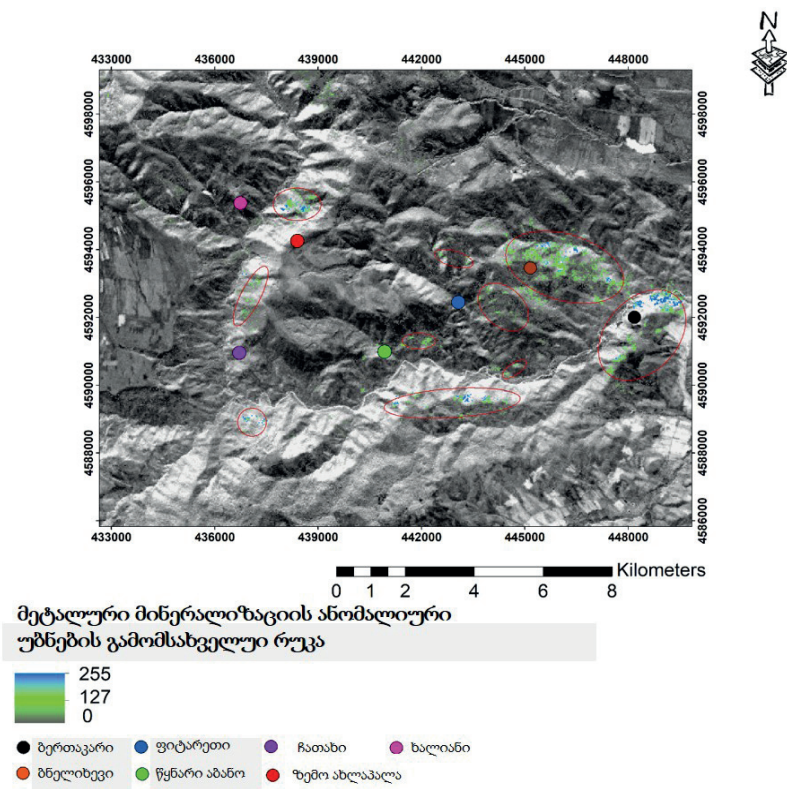
სურ. 6. A. საკვლევ ტერიტორიაზე შეცვლილი ქანების საერთო ფონი. B. შეცვლილი ქანების სიხშირის გამომხატველი ჰისტოგრამა



სურ. 7. საკვლევ ტერიტორიის ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონების რუკა

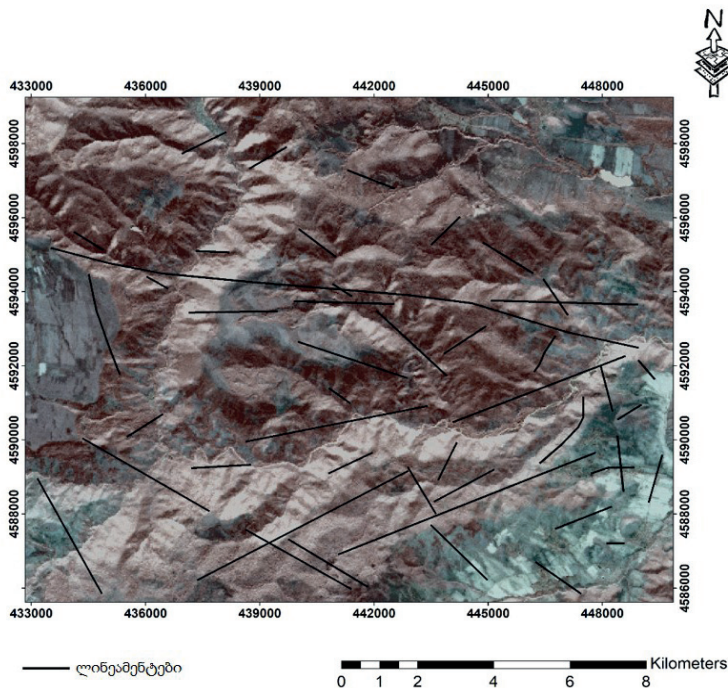


სურ. 8. A. SAM მეთოდით გამოვლენილი მადნეული მინერალების არეკვლის მაჩვენებლები. B. SID მეთოდით გამოვლენილი მადნეული მინერალების არეკვლის მაჩვენებლები. C. SAM, SID მეთოდით მიღებული მონაცემების არეკვლის მაჩვენებლები მორგებული ჩვენს საკვლევ ტერიტორიაზე



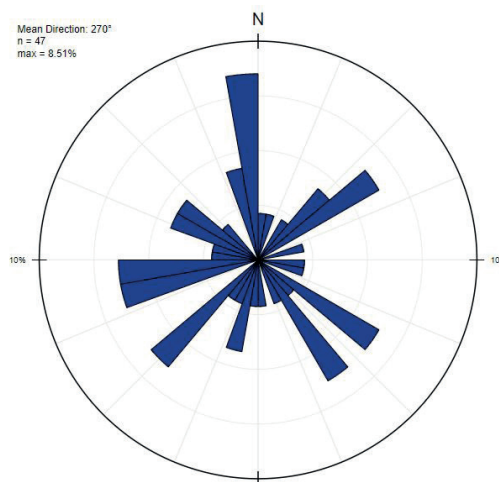
სურ. 9. ASTER-SVM მადნისანი მინერალიზაციის ანომალიური უბნები. DN ინტერვალი 128

PCI ალგორითმის გამოყენებით მოხდა საკვლევ ტერიტორიაზე არსებული ლინეამენტების ავტომატური გამოვლენა, რაც გულისხმობს ზედაპირზე არსებული ყველა ტიპის ხაზოვანი სხეულის გამოყოფას. ამის შემდგომ წარიმართა გაფილტვრის პროცესები. გაანალიზდა საკვლევ ტერიტორიის სხვადასხვა დროის ინტერვალში შემუშავებული რელიეფის ტოპო და ციფრული მოდელები, რადგან მაქსიმალური სიზუსტით დაგვედგინა არატექტონიკური და ანთროპოგენული სტრუქტურების მნიშვნელობები. ხილული (B3) და მოკლე ტალღური (B4, B5, B6) ინფრაწითელის მეშვეობით შეიქმნა სტერეოგრაფიული გამოსახულება, რომელზეც მკვეთრად ისახება ხაზოვანი ელემენტების როლი სხვადასხვა ტიპის ლითოლოგიურ წარმონაქმნებზე. ეს ყოველივე საშუალებას გვაძლევს, რომ გავმიჯნოთ ერთმანეთისგან ტექტონიკური და არატექტონიკური წარმონაქმნები (სურ. 10. A, B, C).



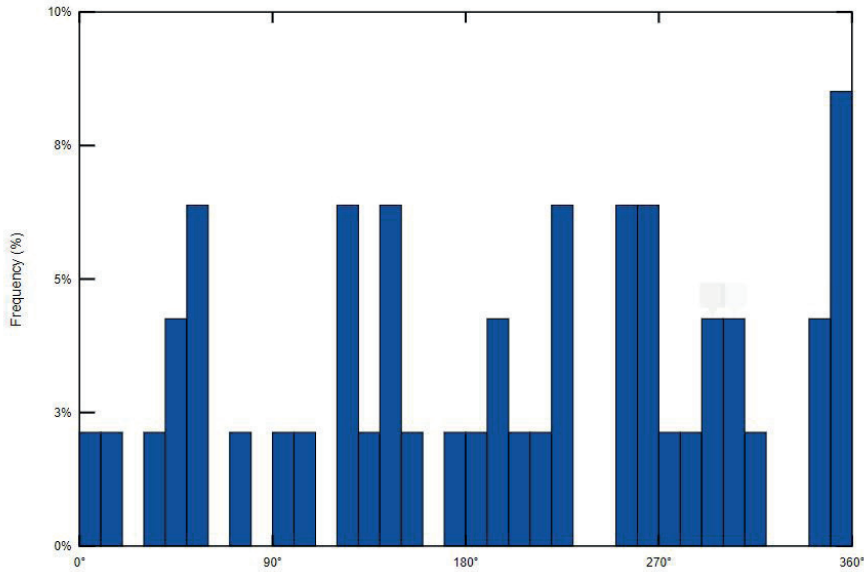
A

სურ. 10. ASTER VNIR B3, ტექტონიკური სტრუქტურების გავრცელება საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში



B

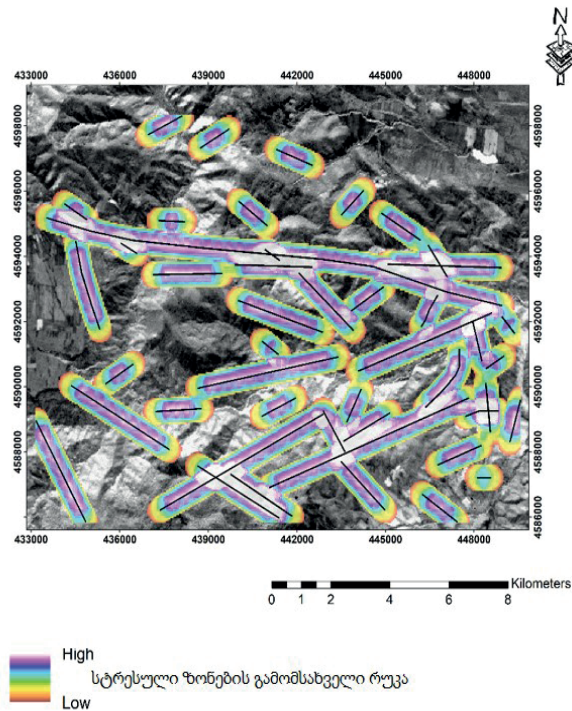
საკვლევ ტერიტორიის ტექტონიკური სტრუქტურები ვარდის დიაგრამაზე



C

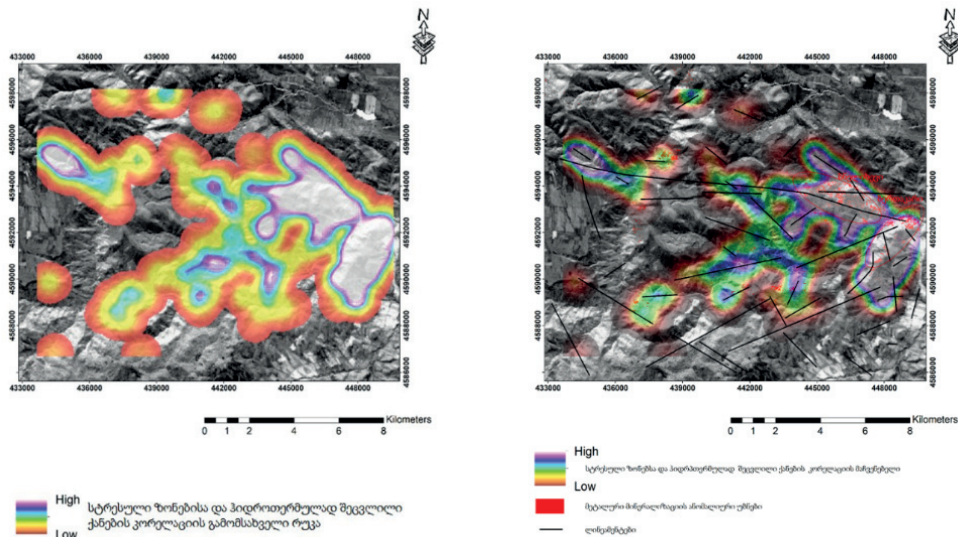
საკვლევი ტერიტორიის ტექტონიკური სტრუქტურები ჰისტოგრამაზე.

სტრესული ზონების რუკა (სურ.11) გამოხატავს საკვლევ ტერიტორიაზე იმ ზონებს, რომლებმაც სხვადასხვა ტიპის ტექტონიკური ზემოქმედების შედეგად განიცადეს დეფორმაცია. გამაღმების თვალსაზრისით მსგავსი ტიპის უბნების გამოვლენა ძალზედ მნიშვნელოვანია. როგორც წესი შესაბამისი ტექტონიკური გარემო გამაღმებისთვის ქმნის ხელსაყრელ პირობებს რაც გულისხმობს როგორც მადანმომყვანი, ისე მადანგამანაწილებელი, მადანმაკონტრლებელი და საკუთრივ მადანშემცველი სტრუქტურების არსებობას. აგრეთვე ხშირად მსხვრევის ზონები ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებიდან გამომდინარე ადვილად ექვემდებარებიან გამაღმებას [18].



სურ. 11. საკვლევი ტერიტორიის მსხვრევითი ზონების გამომსახველი რუკა

ბექთაკარი-ბნელიხევის საბადოების და მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული მადანგამოვლინებების გამაღწევის ლოკალიზაციაში და ფორმირებაში მნიშვნელოვანი როლი უნდა ეთამაშა ტექტონიკური პროცესებისა და ჰიდროთერმული რეჟიმის თანხვედრას შესაბამის გეოდინამიკურ და თერმოხალურ რეჟიმებთან ერთად, რაზეც მეტყველებს საკვლევ ტერიტორიაზე გამოვლენილი ტექტონიკური სტრუქტურების და ჰიდროთერმულად შეცვლილი ქანების მაღალი კორელაციის მაჩვენებელი (სურ.12). აღნიშნული კორელაციის მაჩვენებელი, რომლის ვექტორიც ემთხვევა დადებითს, მეტყველებს გამაღწევისათვის ხელსაყრელ ფიზიკურ-ქიმიურ გარემოზე, რომელსაც ერთის მხრივ ქმნის საკვლევ ტერიტორიაზე არსებული ლითოლოგიური გარემო ხოლო მეორე მხრივ სტრუქტურული თავისებურებები.



სურ. 12. კორელაცია ტექტონიკურ სტრუქტურებსა და ჰიდროთერმულად შეცვლილ ქანებს შორის

დასკვნა

ASTER-ის მულტისპექტრული მონაცემების დამუშავებით და მათი შემდგომი გეოლოგიური ინტერპრეტაციების შედეგად ბექთაკარი-ბნელიხევის მიმდებარე ტერიტორიაზე გამოვლინდა: საკვლევ ტერიტორიის ლითოლოგიური მახასიათებლები, მინერალური ინდექსები და ინდიკატორები, ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონები, მადნიანი მინერალიზაციის ანომალიური უბნები, გეოლოგიური სტრუქტურების კონტაქტების და ტექტონიკურად დეფორმირებული ზონების გავრცელების არეალები. კორელაცია ლითოლოგიურ შემადგენლობასა და საკვლევ ტერიტორიაზე გამოვლენილ მინერალების განაწილებას შორის ხაზს უსვამს გეოლოგიური წარმონაქმნების ურთიერთკავშირს მადნიან მინერალიზაციასთან. ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონებისა და ცალკეული სტრუქტურულ-გეოლოგიური წარმონაქმნების იდენტიფიკაცია, აგრეთვე სტრესული ზონების განსაზღვრა წარმოადგენს ღირებულ ნიშანს პოტენციური მადნიანი ტერიტორიების თუ საბადოების ძებნა-ძიებისათვის. დისტანციური ზონდირების მეთოდებით კვლევის შედეგად საკვლევ ტერიტორიაზე მადნიანი მინერალიზაციის ანომალიების გამოკვეთა იწვევს მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ინტერესს. კვლევის შედეგები ხელს უწყობს არა მხოლოდ რაიონის გეოლოგიური თავისებურებების გაგებას, არამედ უზარმაზარ შესაძლებლობებს იძლევა რეგიონში სამომავლო ძებნა-ძიებითი და ძებნა-

შეფასებითი სამუშაოების წარმართვისათვის. გამოვლენილი ცალკეული ანომალიების და მათი გეოლოგიური მნიშვნელობების შემდგომმა შესწავლამ შეიძლება უფრო ღრმა ხედვა მოგვცეს ტერიტორიის მინერალური რესურსების პოტენციალის შესახებ.

ლიტერატურა

1. Abramovitz, M. Remote Sensing in Geological Applications. Springer. 2017
2. Gupta, R.P., & Roy, P.S. Applications of Satellite Remote Sensing in Geological Exploration and Education in India. *Geoscience Frontiers*, 3(2), 2012. 245-253.
3. Sabins Jr, F.F. Remote Sensing: Principles and Interpretation. W. H. Freeman. 1996. 494 p.
4. Pour, A.B., Hashim, M., Marghany, M., & Hazini, S. Geological Remote Sensing Application for Lithological Mapping in Tropical Region: A Case Study from Cameron Highland, Malaysia. *International Journal of the Physical Sciences*, 6(17), 2011, 4179-4185.
5. Lu, Y., Weng, Q., & Zhang, Y. Applications of remote sensing and GIS in urban environmental studies: a case study of Beijing, China. In *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas*. Springer. 2004. pp. 123-139.
6. Singh, A. Review article on digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10(6), 1989. pp. 989-1003.
7. Wadge, G. Remote sensing of volcanoes and volcanic processes: Integrating observation and modeling. *Bulletin of Volcanology*, 60(5), 1998. pp.361-381.
8. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., & Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. 2014.736 p.
9. Campbell, J. B. Introduction to Remote Sensing. Guilford Press. 2011. 667 p.
10. Chavez Jr, P.S. Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9), 1996. pp.1025-1036.
11. Green, R. O., & Boardman, J. W. Mapping the “color” of the California desert with AVIRIS data. In *Summaries of the Seventh JPL Airborne Earth Science Workshop*. Jet Propulsion Laboratory, 2003. pp. 12-15.
12. Markham, B. L., & Barker, J. L. Thematic Mapper band-pass filter selection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, (3), 1986. pp.373-379.
13. Mukaka, M. M. Statistics Corner: A guide to the appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, 24(3), 2012. pp.69-71.
14. Richards, J. A., & Jia, X. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction (4th ed.). Springer. 2006.
15. Jia, X., Zhang, J., & Richards, J. A. Integration of pixel-based and object-oriented classification for multiscale land cover mapping with MODIS imagery. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(6), 2006. pp.688-699.
16. Mather, P. M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction. John Wiley & Sons. 2010. 434 p.
17. Rowan, L. C., & Wetmore, P. H. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing applications. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103(B10), 1998. Pp. 23057-23081.
18. Twiss, R. J., & Moores, E. M. Structural Geology. New York: W. H. Freeman. 2007. 736 pp.

MINDIASHVILI GIORGI, YOBIDZE GIORGI, LIPARTIA TORNIKE, JAPARIDZE NINO, BENASHVILI KETI, BLUASHVILI ILIA, KVIRKVELIA MATE, MEKOKISHVILI DAVIT, BLUASHVILI DAVIT

IDENTIFICATION OF THE DATA OBTAINED BY THE REMOTE SENSING METHOD WITHIN THE BEKTAKARI- BNELIKHEVI ORE KNOT

ANNOTATION. Data obtained by the Remote Sensing method is widely used in many filed of Geology, including in the case of mineral resources research. Our research is dedicated to the study of Bektakari-Bnelikhevi deposits and their surrounding areas, which is expressed in the determination of lithological characteristics in the study area, the detection of mineral indices and indicators, the study of structural features, the determination of hydrothermally altered areas and the detection of metallic mineralized areas within them. The ratio composites of the FCC and CRC algorithms were used to create the lithological maps. PCA technique of principal component analysis was also used. We obtained the altered zones by the method of the ratio of spectral indices. In the research, we also used the controlled SAM and SID methods of spectral designations, as well as the limited energy minimization CEM technology. The obtained data, the main purpose of processing of which was the detection of hydrothermally altered areas, are integrated with structural units. The research was carried out using Google Earth Engine, QGIS, image visualization environment software packages and Python programming language.

KEYWORDS: remote sensing; spectral indices; mineral resources; structural features; spectral mapping and spectral divergence.

გიორგი ნოზაძე, დავით ძიგვაშვილი, ლევან ლელუაშვილი,
რუსუდან მაისურაძე, თამარ კობიძე

მცირე ტვირთამწეობის მობილური თვითმავალი საბაგირო გზა

ანოტაცია. სსიპ გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტში დამუშავდა და აიგო მცირე ტვირთამწეობის მობილური საბაგირო გზა, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას 100 კგ-მდე მასის ტვირთების სხვადასხვა დახრის და სირთულის რელიეფზე ტრანსპორტირებისათვის. საბაგირო გზა გამოირჩევა მცირე მასით, კომპაქტურობით, გამართვის სიადვილით და მობილურობით. შესაძლებელია მისი დაშლა და ახალ მდებარეობაზე სწრაფად გამართვა.

საკვანძო სიტყვები: საბაგირო გზა; თვითმავალი; სატვირთო; მცირე-ტვირთამწეობა.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის საბადოთა დამუშავებისა და სამთო გეოტექნიკის ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი თ. გობეჯიშვილი.

შესავალი

საბაგირო გზების არსებობა ისტორიულად ათასწლეულს ითვლის. საბაგირო გზის პირველი არქეოლოგიური ნიმუშები აღმოჩენილ იქნა ჩინეთში, იაპონიაში, ბრაზილიაში, ახალ ზელანდიაში და ინდოეთში. ევროპაში მათი გამოჩენა მოხდა შუა საუკუნეებში მთაგორიან რელიეფებზე ციხე-სიმაგრეების აშენებასთან დაკავშირებით.

პირველი ცნობა ბაგირის გამოყენებით ადამიანთა მასიურად ტრანსპორტირების შესახებ ევროპაში ჩნდება მე-19 საუკუნეში 1862 წელს საფრანგეთში, ლიონში, ასევე ავსტრიაში 1874 წელს გამოჩნდა ცნობა ლეოპოლდსბერგის ბორცვზე, ვენასთან ახლოს, ტურისტული მიზნით ფუნქციონირების თაობაზე.

საბაგირო გზების ინდუსტრიული ნიმუშები ჩნდება უკვე 1900- იან წლებიდან.

ტრადიციულად საბაგირო გზის კონსტრუქცია დაკავშირებულია მოძრავ საწევი ან მზიდ-საწევი ბაგირის არსებობასთან, რომელთა კონსტრუქციული ნაირსახეობები მასიურად განვითარდა ისეთ ინდუსტრიულ ქვეყნებში, როგორცაა იტალია, შვეიცარია, ავსტრია, საფრანგეთი და გერმანია.

საბაგირო გზები მნიშვნელოვან სატრანსპორტო სეგმენტს წარმოადგენენ თანამედროვე სამთო - საკურორტო და საქალაქო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურაში.

დღეისთვის ინდივიდუალური მოხმარების მცირე მექანიზაციის ფორმის სხვადასხვა სახის სატრანსპორტო საშუალებები ფართოდ არის წარმოდგენილი სამომხმარებლო ბაზარზე. მთაგორიანი რელიეფის პირობებში ასეთი მოწყობილობების გამოყენების არეალი საკმარისად შეზღუდულია, რაც მნიშვნელოვნად აფერხებს აღნიშნულ რეგიონებში სამეწარმეო, სამშენებლო თუ სხვა სახის სამეურნეო საქმიანობის

გაწვევის პროცესს. აღნიშნული პრობლემით შექმნილი გამოწვევა ხშირად წყდება საჭაპანე ტრანსპორტის გამოყენებით. თუმცა ამ შემთხვევაშიც საჭიროა სათანადო მინიმალური საგზაო ინფრასტრუქტურის არსებობა. როდესაც სატრანსპორტო რელიეფი ძალიან დანაწევრებულია ან მაცენარეული საფარით არის გადატვირთული - შეუძლებელი ხდება დანიშნულების ადგილამდე მოკლე გზით საჭირო სატრანსპორტო გადაზიდვის პროცესის ორგანიზება. ეს პრობლემა დაკავშირებული ხდება ტრანსპორტორების დროსთან და მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს მთიან რეგიონში მცხოვრები ადამიანებისთვის.

საბაგრო გზების განვითარების ერთერთ ახალ მიმართულებას წარმოადგენს ინდივიდუალური მოხმარების სატვირთო საბაგრო გზების სეგმენტი. აღნიშნული მიმართულებით საინტერესო კონსტრუქციული გადაწყვეტის მაგალითს წარმოადგენს უძრავი მზიდ-საწევი ბაგირის გამოყენებით კონსტრუირებული თვითმავალი საბაგრო გზები. ასეთი გზების კონსტრუქციები დამუშავდა შვეიცარიის, იტალიის და იაპონიის საბაგრო გზების მწარმოებელ ფირმებში როგორცაა, Wyssen, CDC და ZIP infrastructure. მათი მაგალითები წარმოდგენილია ქვემოთ (სურ. 1, 2, 3).

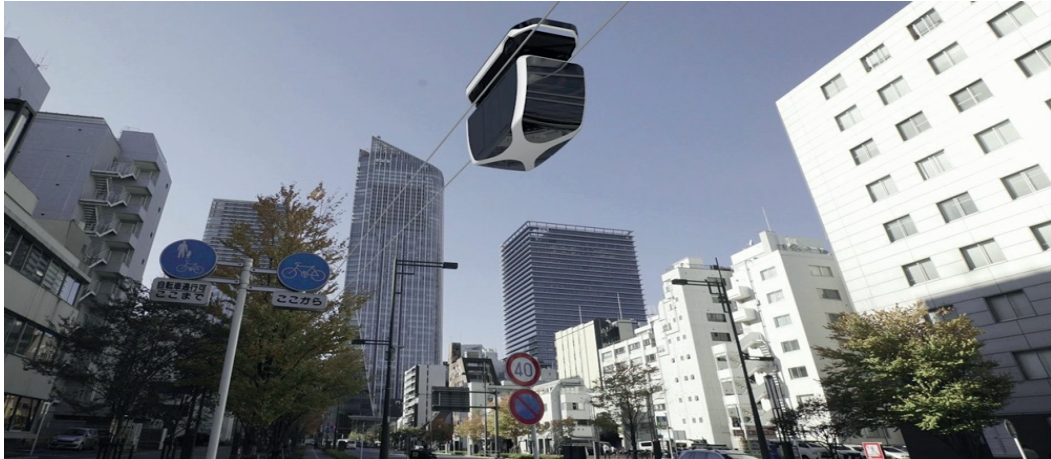


სურ. 1. Wyssen -ის ფირმის თვითმავალი სატვირთო საბაგრო გზა



სურ. 2. CDC -ის ფირმის თვითმავალი მუხლუხიანი სატვირთო საბაგრო გზა

ინდუსტრიული ქვეყნების საბაგირო სატრანსპორტო სისტემების განვითარების ტენდენცია აჩვენებს, რომ საბაგირო გზების მომავალი ტრადიციულ წრიული და ქანქარასებრი საბაგირო გზების ახალ კონსტრუქციულ გადაწყვეტებთან ერთად ეკუთვნის თვითმავალ საბაგირო სატრანსპორტო სისტემებს.



სურ. 3. ZIP infrastructure -ის ფორმის თვითმავალი ურბანული საბაგირო გზა

ძირითადი ნაწილი

სსიპ გ. წულუკიძის საბაგირო სისტემების ლაბორატორიაში დამუშავდა და ინსტიტუტის ადმინისტრაციის მხარდაჭერით აიგო თვითმავალი მცირე ტვირთამწეობის სატვირთო საბაგირო გზის საცდელი ნიმუში. აღნიშნული თვითმავალი საბაგირო გზა ეფუძვნება ერთ მზიდ - საწევ ბაგირზე ორიენტირებულ კონსტრუქციულ გადაწყვეტას. საბაგირო გზის თვითმავალი ვაგონის კონსტრუქცია არსებული მოდელებისაგან განსხვავებით აგებულია მოდულურ პრინციპზე და შედგება სამი მოდულისაგან : ბაგირზე გადაადგილების მოდული; ძრავ-გენერატორის განთავსების მოდული; ტვირთის განთავსების მოდული.

ქვემოთ წარმოდგენილ სურათზე ნაჩვენებია თითოეული მოდული



სურათი 4. სამთო ინსტიტუტში დამუშავებული თვითმავალი სატვირთო საბაგირო გზა



სურათი 5. სატვირთო საბაგირო გზის მიმღებ - გამშვები საყრდენი

ბაგირზე გადაადგილების მოდული წარმოადგენს კუთხოვანი ლითონის პროფილით შეკრულ ტოლგვერდა სამკუთხედ კონსტრუქციას, რომელიც შეიცავს სამკუთხედის წვეროებში განლაგებულ შკივებს, დიამეტრით 180 მმ. და შკივების ღედის ადგილზე ჩაშენებულ საკისრებს დიამეტრით 20 მმ. (სურ. 4, პოზიცია 1).

ძრავ - გენერატორის მოდული წარმოადგენს ასევე კუთხოვანი ლითონის პროფილით შეკრულ მართკუთხა ჩარჩოს, სადაც განთავსებულია საბაგირო გზის ასინქრონულიამძრავისიმძლავრით 1.9კვტ., 2.8კვტ. სიმძლავრის ელექტროგენერატორი და მართვის პულტი (სურ. 4, პოზიცია 2).

ტვირთის განთავსების მოდული წარმოადგენს ასევე კუთხოვანი ლითონის პროფილით დამზადებულ მართკუთხა ჩარჩოზე შეკრულ ყუთს, ზომით 900 მმ x 600 მმ და ღეროვანი კონსტრუქციის საკიდს სიგრძით 1000 მმ.

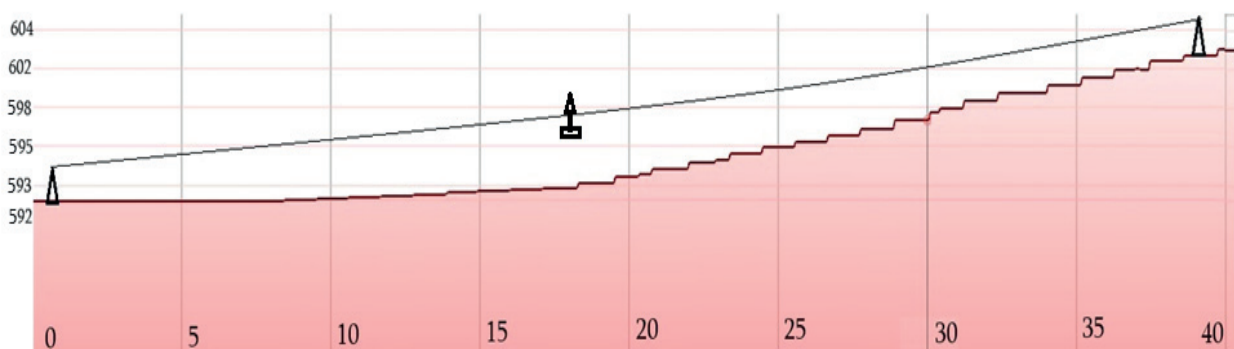
სამივე მოდული შესაბამისი თანმიმდევრობით ჭანჭიკური შეერთებით უკავშირდება ერთმანეთს და ქმნიან თვითმომძრავი სატვირთო ვაგონის სისტემას.

თვითმავალი ვაგონი აღჭურვილია სადგურებზე ავტომატური გაჩერების სისტემით, რაც აადვილებს საბაგირო გზის მართვას.

საბაგირო გზა მინიმალურ კომპლექტაციაში (შუალედური საყრდენების გარეშე) შეიცავს აგრეთვე ასაწყობ მიმღებ და გამშვებ საყრდენებს სიმაღლით 2000-3000 მმ. გრუნტთან ჩაანკერების შესაძლებლობით.

საბაგირო გზა შესაძლებელია დაიშალოს შემადგენელ მოდულებად, რომლთა გაბარიტული სიგრძე არ აღემატება 2 მ. -ს და მოხდეს მისი ტრანსპორტირება სხვა ადგილზე მცირე ზომის სატვირთო ავტომობილის გამოყენებით. მისი თითოეული მოდულის წონა არ აღემატება 40 კგ. ადგილზე მისი გამართვისათვის საჭიროა 3 - 5 კაციანი ჯგუფი. ჯგუფიდან კვალიფიციური პერსონალის მიერ უნდა განხორციელდეს საბაგირო გზის სამონტაჟო ადგილის დათვალიერება, შერჩევა. შესრულდეს წინასწარი საპროექტო მინიმალურად საჭირო გაანგარიშებები და საბაგირო გზის პროექტით მიღებული შედეგების შესამაბისად მოხდეს ადგილზე საბაგირო გზის მონტაჟი.

ქვემოთ ნაჩვენებია სსიპ გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ტერიტორიაზე აგებული საბაგირო გზის პროფილის სურათი. დონეთა სხვაობა $h=11$ მ., ჰორიზონტალური მანძილი $L=38$ მ.



სურ. 6. სამთო ინსტიტუტის საცდელი თვითმავალი საბაგირო გზის პროფილი

ერთმალისანი თვითმავალი საბაგირო გზის საცდელი მოდელის ტექნიკური მონაცემები:

1. ნომინალური ტვირთამწეობა - 100 კგ;
2. ბაგირზე გადაადგილების სიჩქარე - 10 მ/წთ;

3. საწვავის ავზის მოცულობა - 15 ლ.;
4. ელექტროამძრავის ტიპი - ასინქრონული ამძრავი;
5. ელექტრო ამძრავის სიმძლავრე - 1.9 კვტ.;
6. ტრანსპორტირების მანძილი - 39.6 მ. (ზოგადად შეზღუდული არ არის);
7. მიმღებ და გამშვებ სადგურების დონეთა შორის სხვაობა - 11 მ;
8. ჰორიზონტალური მანძილი - 38 მ;
9. საბაგრო ტრასის ქორდის დახრილობა - 15°;
10. თვითმავალი ვაგონის საკუთარი წონა - 120 კგ
11. სახაზო მოწყობილობების წონა(1 სადგური) – 75 კგ;
12. მზიდ-საწვეი ბაგირის დიამეტრი:
 - სინთეტიკური ბაგირის გამოყენების შემთხვევაში - 12 მმ;
 - ფოლადის ბაგირის გამოყენების შემთხვევაში - 10 მმ;
13. ბაგირის სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი > 2;
14. საექსპლუატაციო დაჭიმულობა ბაგირში < 5000 ნ.

დასკვნები

სსიპ გ.წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის საბაგრო სისტემების ლაბორატორიაში დამუშავდა და აიგო მცირე ტვირთამწოების მობილური თვითმავალი საბაგრო გზის საცდელი მოდელი. საბაგრო გზა განეკუთვნება მცირე მექანიზაციის სექტორს, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია განხორციელდეს ერთეულ მომხმარებელზე ორიენტირებული სხვადასხვა სამეურნეო საჭიროების სატრანსპორტო გადაზიდვები.

საბაგრო გზა გამიზნულია მთა-გორიანი ლანდშაფტის პირობებში 100 კგ- მდე ტვირთების გადაზიდვისათვის. იგი შესაძლებელია გამოვიყენოთ საქართველოს თავდაცვითი ძალების ლოჯისტიკური ამოცანების გადასაწყვეტად საზღვრისპირა მთაგორიან რეგიონებში.

საბაგრო გზა აგებულია მოდულურ პრინციპზე, სადაც თითოეული მოდული შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ავტონომიურად სათანადო დანიშნულებით. გარემო პირობებზე მორგებული დიზაინის შესაბამისად შესაძლებელია საბაგრო გზა ადვილად გადაკეთდეს სატაკელაჟო ტვირთების გადასაზიდ სისტემად, რომელიც აღჭურვილი იქნება საკუთარი ავტონომიური ელექტროენერჯის წყაროთი და ამძრავით.

საბაგრო გზის მოდულები წარმოადგენს სტანდარტული მოხმარების საგნებს, რომელთა შეცვლითაც შესაძლებელია საბაგრო გზის ტექნიკური მონაცემების გზრდა. ასევე ადვილად არის შესაძლებელი ტვირთის განთავსების მოდულის სახეცვლილება და ადაპტირება სატრანსპორტო ამოცანებზე მორგებული გამოყენებისათვის.

აღსანიშნავია, რომ საბაგრო გზა კონკურენტუნარიანი იქნება აგრეთვე კომერციული თვალსაზრისით, ვინაიდან იგი არ შეიცავს ძვირად ღირებულ კომპონენტებს, რაც მიმზიდველს გახდის მის საბაზრო ფასს.

ლიტერატურა

1. <https://www.leitner.com/en/company/useful-information/evolution-of-ropeways/>
2. <https://www.wyssenseilbahnen.com/en/plantation-cableway-small-cableway/single-line-cableways-to-your-farm/>
3. <https://zip-infra.co.jp/en/index.html#zipparfeatures>

**NOZADZE GIORGI, DZIGVASHVILI DAVIT, LELUASHVILI LEVAN,
MAISURADZE RUSUDAN, KOBIDZE TAMAR**

MOBILE SELF-PROPELLED ROPEWAY OF SMALL LOAD CAPACITY

ANNOTATION. In the LEPL G. Tsulukidze Mining Institute, a mobile ropeway for small loads was developed and built, which can be used to transport loads weighing up to 100 kg on terrain with different slopes and difficulties. The ropeway is distinguished by its small mass, compactness, ease of handling and mobility. It can be disassembled and quickly set up in a new location.

KEYWORDS: ropeway; self-propelled; truck; light-duty.

გიორგი ნოზაძე, დავით ძიგვაშვილი

დატვირთული ბაგირის სტატიკური წონასწორული მდგომარეობის გაანგარიშება საწყის მონაცემთა მიმდევრობითი ვარიაციის გზით დრეკადი წაგრძელების გათვალისწინებით

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია დაკიდებული ბაგირების სტატიკური წონასწორობის გაანგარიშების დისკრეტული მეთოდის რეალიზაციის ამოცანა თანამედროვე პროგრამირების ენაზე MS Visual Basic - ში. შემოთავაზებულია ბაგირის დატვირთვის დისკრეტული ზოგადი სქემა გრავიტაციულ ველში დაკიდებული ბაგირისათვის. ანალიზური მეთოდებისაგან განსხვავებით შესაძლებელია ნებისმიერი რაოდენობის და მიმართულების დატვირთვის ვექტორის რეალიზაცია, რომელიც მოქმედებს ბაგირზე. ამოცანის დასმა და ამოხსნა შესაძლებელია მოცემულ იქნას სამონტაჟო ბაგირის სიგრძის ან ბაგირის მაქსიმალური დასაშვები დაჭიმულობის სახით მოცემული საწყისი მონაცემების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: დისკრეტული; ბაგირი; დაჭიმულობა; დატვირთვები.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის საბადოთა დამუშავებისა და სამთო გეოტექნიკის ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი თ. გობეჯიშვილი.

შესავალი

შენობა-ნაგებობები და მანქანა-მექანიზმები მათი ექსპლუატაციის დროს ყოველთვის იმყოფებიან გარკვეული გარე დატვირთვების პირობებში. აღნიშნული დატვირთვები მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ კატეგორიად: მუდმივი და დროებითი დატვირთვები. მათი მოქმედება განხილულ ობიექტებზე სხვადასხვანაირად ვლინდება და შესაბამისად მათ დასაპროექტებლად სხვადასხვა გაანგარიშების მეთოდიკას მოითხოვს. არსებობს საინჟინრო ნაგებობების სტატიკური და დინამიკური გაანგარიშების ანალიზური მეთოდები.

ბაგირი საკუთარი წონით გრავიტაციულ ველში ორ წერტილს შორის დაკიდებული საბაგირო სისტემა სტატიკურად ურკვევ სისტემას წარმოადგენს. ასეთი სისტემების გაანგარიშების ანალიზური მეთოდიკა გარკვეულ დაშვებებს ემყარება.

კიდულიბაგირის სტატიკური წონასწორობის გამოსათვლელი შემოთავაზებული დისკრეტული მეთოდი დაფუძნებულია დაკიდებული ბაგირის ტეხილით აპროექსიმირების შესაძლებლობაზე. დაკიდებული ბაგირის სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობის მიღწევის ამოცანა შესაძლებელია გადაწყდეს დისკრეტულად წარმოდგენილი ბაგირის კვანძების თანმიმდევრული სტატიკური წონასწორული მდგომარეობების რეალიზაციის გზით, როდესაც ცნობილია დისკრეტულ კვანძებში მოქმედი გარე ძალების სიდიდე.

ძირითადი ნაწილი

ორ წერტილზე საკუთარი წონით დაკიდებული ბაგირის სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობის ამოცანა ისმება შემდეგ პირობებით:

სივრცეში მოცემულია ბაგირის დაკიდების საწყისი და საბოლოო წერტილების კოორდინატები, გაუჭიმავი ბაგირის სიგრძე, l მ. ბაგირის წონა და დაკიდების ერთ-ერთ წერტილში ბაგირის დაჭიმულობის ძალის სიდიდე და მიმართულება.

საჭიროა ვიპოვოთ ბაგირის სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობა, მისი დაკიდების კონტურის გეომეტრია, დაკიდების კონტურის წერტილებში ბაგირში მოქმედი ძალების სიდიდე და მიმართულება.

ცნობილ ანალიზურ მეთოდებში ძალის ან მისი მდგენელის მოცემა ბაგირის ერთერთ წერტილში აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. მისი მნიშვნელობა აიღება ბაგირის დაჭიმულობის ჰორიზონტალური მდგენელის ან ერთერთ დაკიდების წერტილზე დაჭიმულობის ძალის ვექტორის სახით.

ჯაჭვწირის შემთხვევაში იგი განსაზღვრულია ჯაჭვწირის პარამეტრით $c = \frac{H}{q}$,

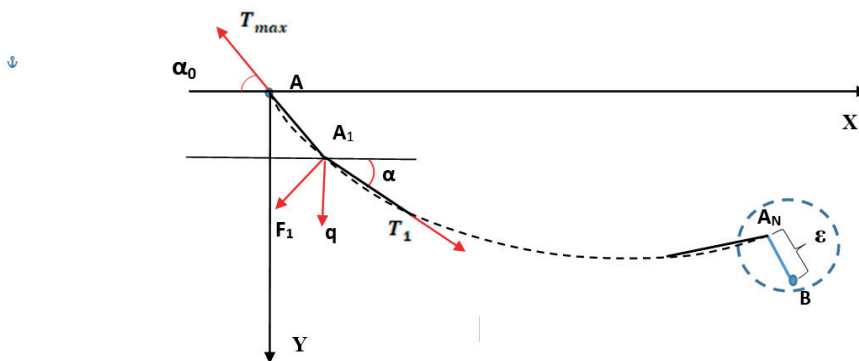
ხოლო პარაბოლის მეთოდის შემთხვევაში $p = \frac{H}{q} \cos \beta$, სადაც H - არის ბაგირის

დაჭიმულობის ძალის ჰორიზონტალური მდგენელი მოცემულ წერტილში.

ამდენად დამპროექტებელმა უნდა შეირჩიოს ბაგირი, რომელიც ხასიათდება გარკვეული გამგლეჯი ძალთ $T_{გ.ა}$, ლითონური განივი კვეთით - S , დრეკადობის

მოდულით - E და l მ. ბაგირის წონით - q .

ვინაიდან ცნობილია, რომ ორ წერტილს შორის დაკიდებულ ბაგირში დაჭიმულობის მაქსიმალური მნიშვნელობა გვაქვს მეტი ორდინატის მქონე წერტილისათვის, შესაძლებელია დისკრეტული ამოცანა დაისვას ბაგირის მეტი ორდინატის მქონე წერტილში დაჭიმულობის საწყისი მნიშვნელობის აღებით ზოგადობის შეუზღუდავად. ასეთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული შერჩეული ბაგირის მოცემული რესურსი, თუ საკონსტრუქტორო მოსაზრებით სხვა რამ არ არის გათვალისწინებული.



სურ. 1. დისკრეტული მეთოდის საანგარიშო სქემა წარმოდგენილი სქემის მიხედვით დისკრეტული მეთოდის რეალიზაცია განხორციელდება შემდეგი ალგორითმის მიხედვით

აღნიშნული მოსაზრებიდან გამომდინარე დისკრეტული მეთოდის საანგარიშო სქემისგანსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია ბაგირში არსებული გაჭიმვის მაქსიმალური

ძალა შევირჩიოთ მეტი ორდინატის მქონე წერტილისათვის შემდეგი ნორმატიული პირობიდან გამომდინარე.

$$T_{\max} = \frac{T_{\text{გამ}}}{n} \quad (1)$$

სადაც n არის ბაგირის მარაგის კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა საბაგრო გზების შემთხვევაში მოიცემა სათანადო სტანდარტით.

საანგარიშო სქემა შეგვიძლია განვიხილოთ შემდეგ ნახაზის მიხედვით

1. გაუჭიმავი ბაგირის L_0 სიგრძის დაყოფა N ნაწილად;
2. ბაგირის დაკიდების მეტი ორდინატის წერტილში საწყისი პირობა მოიცემა ბაგირის დაჭიმულობის ძალის სიდიდის და მიმართულების სახით (T_{\max}, α_0);
3. ბაგირის $L_1 = L_0/N$ სიგრძის მონაკვეთის გადადება ხდება საწყისი პირობის შესაბამისი ძალის ვექტორის მიმართულებით;
4. დაჭიმულობის ძალით შესაძლებელია ჰუკის კანონით და ბაგირის ფიზიკური მონაცემებით განისაზღვროს ბაგირის აღებული მონაკვეთის შესაბამისი დრეკადი წაგრძელება;
5. შემდგომ ეტაპზე ზუსტდება წრფივად დეფორმირებული მონაკვეთის გამაწონასწორებელი უცნობი ძალის მოდების გეომეტრიული ადგილი დრეკადი წაგრძელების შესაბამისად.
6. ახალ A_1 კვანძში ხორციელდება qL_1 ვერტიკალურად მოქმედი საკუთარი წონის ძალის და საწყისი პირობით განსაზღვრული სხვა დამატებითი F_1 ძალის ვექტორის მოდება, ასეთის არსებობის შემთხვევაში;
7. A_1 კვანძში სრულდება ბაგირის მოცემული მონაკვეთის წონასწორობის პირობა ოთხი შესაძლო ვექტორის ვექტორული ჯამის 0 - თან ტოლობით, საიდანაც განისაზღვრება მოღებულ ახალ კვანძში უცნობი გამაწონასწორებელი ძალა T_1 .

აღნიშნული პროცედურები {1-7} მეორდება ციკლურად ყოველი ახალი გადადებული ტეხილი მონაკვეთისათვის, რომლის გადადებაც მოხდება ახალი გამაწონასწორებელი ნაპოვნ ძალის მიმართულებით.

ციკლური პროცესი შესრულდება N მონაკვეთისათვის, რის შედეგადაც N -ური კვანძის A_N გეომეტრიული ადგილი მიიღება სივრცეში.

ცახადია, A_N - ის კოორდინატები არ დაემთხვევა B სამიზნე წერტილის კოორდინატებს.

ალგორითმის დასკვნით ეტაპზე საწყისი მონაცემების (T_{\max}, α_0) ვარირების გზით ხდება სპეციალური ალგორითმით $|A_N - B|$ მანძილის მინიმიზაცია სასურველი ε სიზუსტით.

წარმოდგენილი ალგორითმის პროგრამული რეალიზაცია მოხდა Visual Basic – ის გარემოში. შედგა პროგრამის მონაცემების შეტანის თანამედროვე დიალოგური ინტერფეისი, რომელიც წარმოდგენილია სურათზე 2.

დიალოგურ ინტერფეისში გათვალისწინებულია შემდეგი მოდულები :

- ბაგირის დაკიდების წერტილების კოორდინატების შეტანა;
- გაანგარიშების დისკრეტიზაციის და უზრუნველყოფილი სიზუსტის შერჩევა;
- ბაგირის ფიზიკური პარამეტრების შეტანა;

- ბაგირის მონაკვეთზე განვითარებული განაწილებული დატვირთვის შეტანა;
- ბაგირის შემადგენელ წერტილზე განვითარებული დატვირთვის შეტანა;
- ბაგირის საანგარიშო ძალოვანი პარამეტრების გამოტანა;
- ნაანგარიშები ბაგირის გეომეტრიის გამოტანა.

მოცემული ინტერფეისი წარმოადგენს „მეგობრულ“ ინსტრუმენტს, რომელიც დამპროექტებელს აძლევს ამოცანის ამა თუ იმ დასმის პირობებში სათანადო რჩევებს და უხეში შეცდომებისაგან დაზღვევის საშუალებას.

დიალოგური ინტერფეისის მაგალითი წარმოდგენილია სურათზე 3.

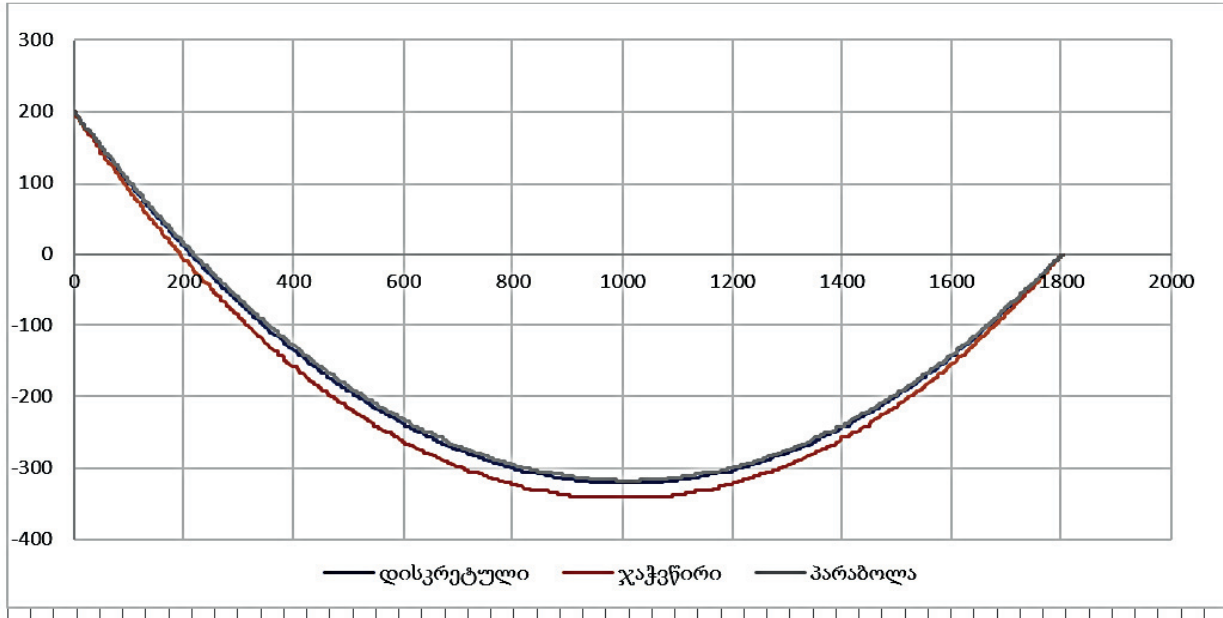
სურ. 2. დიალოგური ინტერფეისის ვიზუალ ბეისიკში

სურ. 3. „მეგობრული“ ინტერფეისის მაგალითი მონაკვეთზე განაწილებული დატვირთვის ამოცანის საწყის მონაცემების ფორმირების დროს

შემოთავაზებული ინტერფეისის გამოყენებით დამპროექტებელს ეძლევა შესაძლებლობა საბაგირო სისტემა გაითვალოს ორი ძირითადი საპროექტო შეზღუდვიდან გამომდინარე:

- მაქსიმალური ძალის შეზღუდვა; - ბაგირის სამონტაჟო სიგრძის შეზღუდვა.

შესრულდა შესადარებელი გათვლები და შედეგები შედარდა ჯაჭვწირის და პარაბოლის ანალიზური მეთოდებით მიღებულ შედეგებს, როდესაც ბაგირი განხილულია საკუთარი განაწილებული წონის ზემოქმედების ქვეშ (იხ. სურ. 4)



სურ. 4. ანალიზური და დისკრეტული მეთოდით დათვლილი ბაგირის დაკიდების მრუდები

სურ. 5. ბაგირის გაანგარიშების მოდული მონაკვეთზე განაწილებული დატვირთვის დროს

საბაგრო სისტემის გათვლის შედეგად მიიღება შემდეგი სიდიდეები:

სამონტაჟო ბაგირის სიგრძე;

გაჭიმული ბაგირის სიგრძე;

ბაგირის თითოეულ კვანძში განვითარებული დაჭიმულობის ძალა.

ბაგირის 1-ლ დაკიდების წერტილზე დაჭიმულობის ძალა და კუთხე;

ბაგირის 2-ე დაკიდების წერტილზე დაჭიმულობის ძალა და კუთხე;

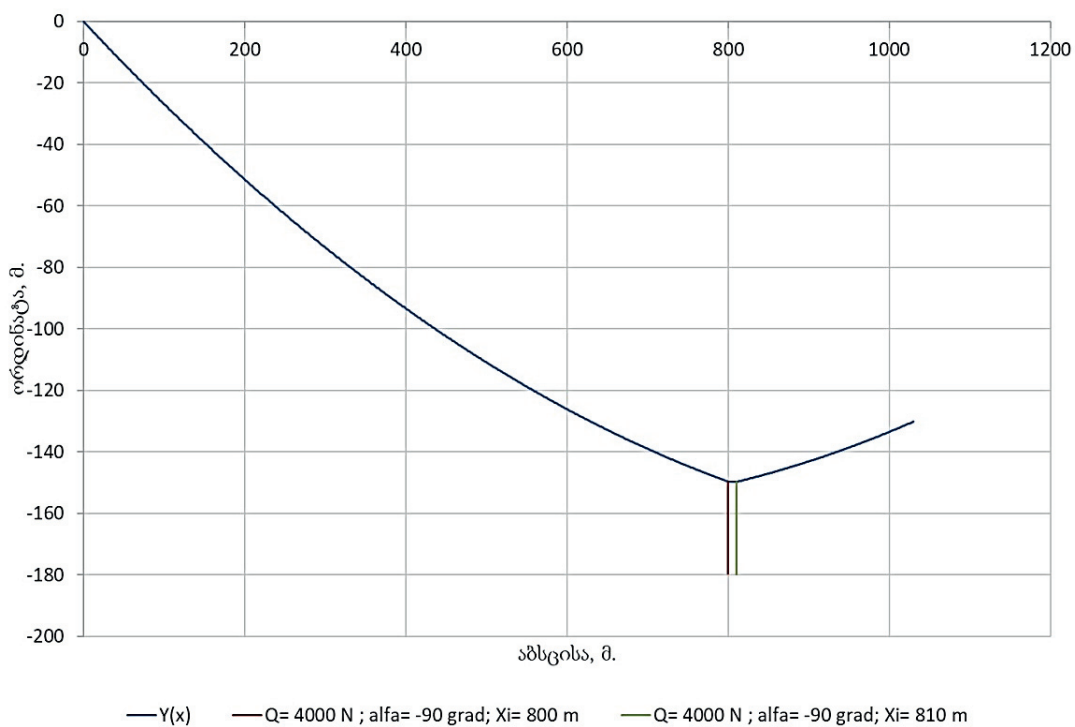
მაქსიმალური ჩაკიდების სიდიდე და კოორდინატები;

ბაგირის დაკიდების მინიმუმის წერტილი და კოორდინატები.

მიღებული შედეგები საკმარისია, რომ მივიღოთ საბაგრო სისტემის გეომეტრიის და ძალების განაწილების სრული დახასიათება.

ქვემოთ მაგალითისათვის, მოცემულია დაკიდებული ბაგირის გეომეტრია 10 მ. შუალედში განაწილებული დატვირთვის შემთხვევაში.

(იხ. სურ. 6).



სურ. 6. დაკიდებული ბაგირის გეომეტრია მონაკვეთზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის დროს

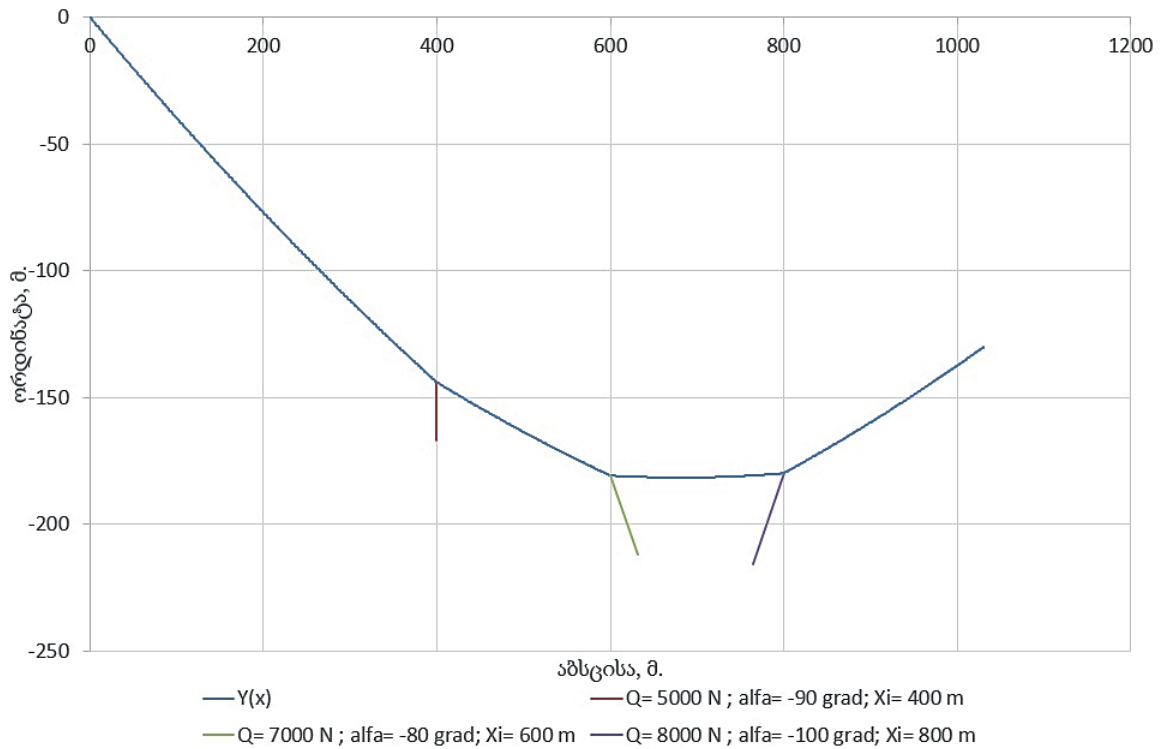
ბაგირის გაანგარიშება შეყურსული დატვირთვის დროს

ანალოგიურად, დიალოგური რეჟიმი დაკიდებულ ბაგირის შეყურსული დატვირთვის შემთხვევა იანგარიშება შემდეგი საწყისი მონაცემების შეტანით:

შეყურსული წერტილის აბსცისის შეტანა.

შეყურსული კვანძებში განვითარებული დატვირთვის სიდიდის და მიმართულების შეტანა; აღსანიშნავია, რომ მოდულში გათვალისწინებულია რამდენიმე შეყურსული დატვირთვის მონაცემების შეტანა და ანგარიში.

გათვლის მაგალითი რამდენიმე შეყურსული დატვირთვის დროს ნაჩვენებია ქვემოთ წარმოდგენილ სურათზე 7.



სურ. 7. დაკიდებული ბაგირის გეომეტრია რამდენიმე სხვადასხვანაირად ორიენტირებული შეყურსული დატვირთვის დროს

დასკვნები

დამუშავდა გრავიტაციის ველში დაკიდებული ბაგირის ძალოვანი საანგარიშო პროგრამა, რომლის გამოყენებითაც შესაძლებელია შეყურსული და მონაკვეთზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ქვეშ მყოფი საბაგირო სისტემის სტატიკური წონასწორული მდგომარეობის გაანგარიშება დრეკადი წაგრძელების გათვალისწინებით.

პროგრამა დიალოგური რეჟიმში უზრუნველყოფს გრავიტაციულ ველში მყოფი ბაგირის საანგარიშო ამოცანის კორექტულად დასმას და გადაჭრას.

ნაანგარიშები ბაგირის გეომეტრია აღიწერება დისკრეტულად განაწილებულ კვანძებში გამავალი ტეხილის საშუალებით. დისკრეტიზაციის ხარისხი შეზღუდულია გამომთვლელი აპარატურის რიცხვების თანრიგის წარმოდგენის ზღვარით.

ლიტერატურა

1. Pataraiia D. The calculation of rope-rod structures of ropeways on the basis of the new approach; WORLD CONGRESS of O.I.T.A.F., RIO DE JANEIRO, BRAZIL, October, 2011, 24 – 27, PAPERS OF THE CONGRESS; <http://www.oitaf.org/Kongress%202011/Referate/Pataraiia.pdf>

NOZADZE GIORGI, DZIGVASHVILI DAVIT

STATIC CALCULATION OF ROPE BY SEQUENTIAL VARIATION OF INITIAL DATA TAKING INTO ACCOUNT ELASTIC ELONGATION

ANNOTATION. The article discusses the task of implementing a discrete method for calculating the static equilibrium of suspended ropes in the modern programming language MS Visual Basic. A discrete general rope loading scheme for a rope suspended in a gravity field is proposed. Unlike analytical methods, it is possible to realize any number and direction load vector acting on the rope. The assignment and solution of the task can be given on the basis of the initial data given in the form of the length of the installation rope or the maximum tension of the rope.

KEYWORDS: discrete; rope; tension; loads.

ნორინგ მოლოდინი, რევაზ მოლოდინი

მეცნიერები ხახუნზე და შედეგების რეალიზაციის დონე

ანოტაცია. ნაშრომში მოცემულია ლენტური კონვეიერის ხახუნის ამძრავების ძირითადი მაჩვენებლების: წვეის ფაქტორის, საკონტაქტო ზედაპირების საექსპლუატაციო პარამეტრების, ამძრავის სამსახურის ვადის და ა.შ. პროექტირების, კონსტრუქციული სრულყოფის და წარმოების (მშენებლობის) პრობლემები, რომლითაც დაკავებულია სხვადასხვა ქვეყნის მრავალი საპროექტო, დამამზადებელი და ოპერატორი ორგანიზაციები. ამჟამად არსებულ მონაცემთა ანალიზით, წვეის ფაქტორის (მაქსიმუმ $e^{\mu}=40$) გაზრდის მოთხოვნა და შესრულების შესაძლებლობა ჯერ კიდევ არ ამოწურულა, მით უმეტეს, რომ ვაკუუმში ხახუნის კოეფიციენტი მაღალია და ამასთან რეოლოგიური პირობების მიმართ სტაბილურია. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ვიკვლევთ სტანდარტული პარამეტრების მიხედვით დამზადებული ვაკუუმ-ამძრავის გამოყენებით, რეოლოგიური პირობებისაგან დამოუკიდებლად, მაღალი წვეის ფაქტორის (e^{μ}) მიღების შესაძლებლობას.

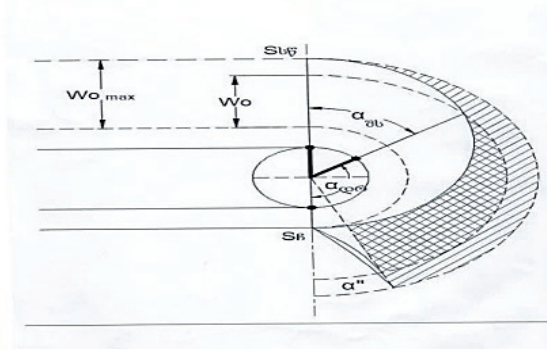
საკვანძო სიტყვები: რეოლოგიური პირობები; წვეის ფაქტორი; ხახუნის ამძრავები; ხახუნის მოლეკულურ-მექანიკური თეორია; რეციპიენტი; კნუდსენის კოეფიციენტი; ზომერფელდის რიცხვი; ვაკუუმ ქვეზონა; დრეკადი სრიალის რკალი; შედარებითი სიმშვიდის რკალი; საკუთარი წვეის ფაქტორი; ადჰეზიური ხახუნის კოეფიციენტი.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის საბადოთა დამუშავებისა და სამთო გეოტექნიკის ლაბორატორიის უფროსი, აკად. დოქტორი **ნ. ბოჭორიშვილი**.

ნებისმიერი სამუშაოს სრულფასოვანი შესრულება აისახება ხახუნის პროცესთან დაკავშირებული მოვლენების მიზნობრივ გამოყენებაზე; მაგალითად მექანიკაში - ხახუნის ამძრავებში სადაც დაუმუშავებელია ბუქსაობა, ხახუნის ძალა უნდა იყოს მაქსიმალური, სათანადო მარაგით [1, 2, 3]; ამყობ მექანიზმებში კი მინიმალური. ტრიბოლოგიურ მეცნიერებაში მომუშავე პროფესორი **დ. გარკუნოვი** აღნიშნავდა, „ხახუნი ბუნების საოცარი მოვლენაა“-ო და აღნიშნულის ასახსნელად მრავალ ჩვენთვისაც ცნობილ მაგალითს იშველიებდა. საერთაშორისო ჟურნალ „ვეარ“-ის რედაქტორ **დოქტორი სალომონის** აზრით კი ხახუნის შემსწავლელი მეცნიერება - ტრიბონიკა (ტრიბოლოგია) ხელოვნებისა და აზროვნების სახეობაა; მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა სფეროს სპეციალისტთა მოქნილი კოოპერაციისადმი ინტელექტური მიდგომაა. ეს ოპერაციების ანალიზის გამოყენების ხელოვნებაა, უდიდესი ეკონომიკური მნიშვნელობის ამოცანების გადაწყვეტისათვის; გამოყენებული ტექნიკური მოწყობილობების საიმედოობაზე, ექსპლუატაციისა და ცვეთაზე. ამგვარად მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების გაერთიანება, შემდგომი წინსვლისა და

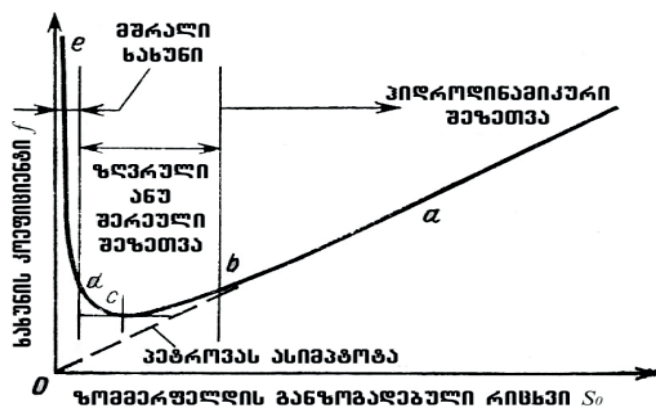
სრულყოფილი მიღწევებისათვის, აუცილებელია.

მურის მიერ წარმოდგენილი ლიტერატურის [4, 5] მონაცემებით, განსაკუთრებულ რეჟიმში ხახუნისას (ხახუნის წყვილის ფურჩის გარეშე ზედაპირებიან ჭვრიტეში) გარეგანი ხახუნი გადადის შინაგანში, ზედაპირები ეჭიდებიან, – დუღდებიან და ერთი მეორის მიმართ გადაადგილებისას მნიშვნელოვნად ზიანდებიან (**ეს ჩვენთვის მიუღებელია**), ზოგჯერ ამ მოვლენას „სუფთა ხახუნს“ (ამჟამად კი კოჰეზიას) უწოდებენ, თუმცა მისი გარეგანი ხახუნად განხილვა არსებითად არ შეიძლება. უახლესმა კვლევებმა უჩვენეს, რომ ვაკუუმში ხახუნი არ წარმოადგენს პრინციპულად ახალ პროცესს; იგი ემორჩილება იგივე ზოგად კანონზომიერებებს, რასაც ატმოსფერულ პირობებში. კერძოდ, ვაკუუმში ხახუნისათვის სრულიად მიზანშეწონილია ხახუნის მოლეკულურ-მექანიკური თეორია (ჩვენთვის მეტად საინტერესოა და ცვეთაშემამცირებელია მოლეკულური თეორია; იხ. ნახ. 1). თუმცა ვაკუუმში ხახუნის ადჰეზიური მდგენელი გაცილებით მაღალია, ვიდრე ჰაერის გარემოში, შესაბამისად, დიდი უნდა იყოს ადჰეზიური ხახუნის კოეფიციენტიც ([4] ნახ. 2-ში). ლენტის დრეკადი სრიალი კი, თუ ეს მაინც მოხდება, მცირედ დაჭიმულ ჩამოქანების უბანშია, მისი თითქმის დაზიანების - ცვეთის გარეშე.



ნახ. 1. წვეის ძალების რეალიზაციის ეპიურა

ნაშრომის ავტორთა შეხედულებით, ხახუნის პროცესის პირობების შერჩევით და შექმნით; სიტუაციური მოთხოვნილებების სწორი გათვალისწინებით; ადჰეზიური ხახუნის კოეფიციენტის (იხ. $f-S_0$ გრაფიკი ნახ. 2 [6, 7, 8]), სწორი მართვით; ტრიბოლოგიისა და მასთან დაქვემდებარებული მეცნიერებების მიღწევების სწორი გამოყენებით; თანამედროვე კონსტრუქციული მასალების მიზანსწრაფული შერჩევით და ხახუნის წყვილის სათანადო კონსტრუქციული



ნახ. 2. $f-S_0$ დამოკიდებულების გრაფიკი

გადაწყვეტით, უცილობლად აღსრულდება ტრიბოლოგიის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაც, ხახუნის ძალისა და კოეფიციენტის რეგულირება; ამასთან ერთად, თუ უკვე ზედმეტ კვანძებს მოვიცილებთ და ძვირადღირებულს, აუცილებლობისას ნაკლებადღირებულთ შევცვლით: მაგ. საკონვეიერო ლენტებს, მის საყრდენებს, დგარის მეტალოკარკასს, საწყისი დაჭიმულობის შემქმნელ ძვირ საჯალამბრე მოწყობილობებს და ა.შ.; მაშინ - ვინაიდან წვეის ძალების F და წვეის ფაქტორის e^{μ} საჭირო სიდიდემდე რეგულირება (მხოლოდ ჩვენს შემთხვევაში) ხორციელდება ადჰეზიური ხახუნის μ კოეფიციენტისა და ტექნოლოგიური პროცესის (ხახუნის ელასტოპლასტიკური, ზღვრულ და მშრალი რეჟიმების) მართვით, - შეიქმნება მწარმოებლურობაზე, ზიდვის მანძილსა და სხვა მრავალ ფაქტორზე პირდაპირ-პროპორციულად დამოკიდებული მაღალეკონომიკური ბაზა, რაც მნიშვნელოვან მოგებასთანაა დაკავშირებული; მით უმეტეს, რომ დიდ ყურადღებას ვუთმობთ, ხახუნის ამძრავების შექმნიდან დღემდე განვითარების კონსტრუქციული, საავტორო და თეორიული მონაცემებით წარმოდგენილ სიახლეებს, შემდგომი კრიტიკული ანალიზისა და სრულყოფის გზების ძიებით [1 - 8].

შვეიცარიელმა მათემატიკოსმა ლეონარდ ეილერმა ხახუნის ამძრავების საანგარიშოდ წარმოადგინა მათემატიკური ანალიზი: [1] სადაც ამძრავის წვეის ძალა F დამოკიდებულია წვეის ფაქტორზე e^{μ} და ელასტომერის საწყის S_0 დაჭიმულობაზე. ვითვალისწინებთ რა წვეის ძალის გაზრდის ნაკლებად ეფექტურ ან უშედეგო მცდელობების ნუსხას; განსახილველად და დასკვნებისათვის გამოვიყენეთ ვრცელი სახასიათო მასალა, ხოლო შემდგომ, წარმოვადგინეთ ჩვენს მიერი სიახლეები და წვეის ძალის გაზრდის ოპტიმალური გზები:

1) **ხახუნის ამძრავის** საკონტაქტო ჭვრიტეში ვაკუუმის შექმნით საჭირო და მდგრადი ხახუნის, - ჩაჭიდების კოეფიციენტის მიღება და შენარჩუნება;

2) **კნუდსენის კოეფიციენტის** მინიმუმამდე დაყვანა - ჭვრიტიდან ვაკუუმ რეციპიენტებით გაწოვილი სითხის მოლეკულების ერთი მეორეზე და რეციპიენტის (ჩვენს კონსტრუქციაში მხოლოდ ნახვრეტის) კედლებზე დაჯახებათა რიცხვების თანაფარდობაა, რომელიც მოქმედებს ჭვრიტის გაიშვიათების ხარისხზე;

3) **ზომერფელდის S_0 რიცხვის** რეგულირება, (ხორციელდება მხოლოდ ჩვენი კონსტრუქციის ხახუნის ამძრავის საკონტაქტო ჭვრიტეში ([3] იხ. ს.მ. 676506). შეზეთვის კლასიკური თეორია კი მშრალ ხახუნამდე ორ რეჟიმს ითვალისწინებს: ჰიდროდინამიკურს და ზღვრულს (ჩვენს შემთხვევაში, სამივე რეჟიმს საჭიროების შესაბამისად ვარეგულირებთ). შეზეთვის თეორიაში ძირითად საანგარიშო პარამეტრს კი წარმოადგენს ზომერფელდის განზოგადებული რიცხვი S_0 , რომელიც იანგარიშება ბლანტი ხახუნის ძალის შეფარდებით თხელ შემზეთ აბკზე მოქმედ წნევის ძალასთან [1, 2, 3].

$$S_0 = \frac{\mu(U \approx 0)}{pL}, \text{ ან } \frac{U(\mu \approx 0)}{pL} \approx 0$$

სადაც μ - (მიწოდებული **სითხის**) სიბლანტეა; U - (მიწოდებული **სითხის წყალის**) ჭვრიტედან ავმ დგუშებით გაწოვის სიჩქარეა [2, 3].

საკონტაქტო ზედაპირებზე ხახუნის პროცესის სიღრმისეული შესწავლის გარეშე შეუძლებელია უმარტივესი მექანიკური მოწყობილობების მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესის მიახლოებითი აღწერაც. კი. ფხვიერ-ნატეხოვანი ტვირთების პრიორიტეტულ სატრანსპორტო საშუალების, ლენტური კონვეიერების, ეკონომიკური მაჩვენებლები კი

მნიშვნელოვან წილად დამოკიდებულია (სათავო, შუალედურ და კუდის) ამძრავების წევით თვისებებზე, მათი ამუშავების სწორ რიგითობაზე, ავტომატიზაციის ხარისხზე და ა.შ.

ლეონარდ ეილერის მიხედვით ამძრავების წევის ძალები დამოკიდებულია ლენტის საწყის (S_p) დაჭიმულობასა და დოლური ამძრავებისას წევის ($e^{\mu\alpha}_{\text{მაკს}}=40$) ფაქტორზე, ხოლო შუალედური ამძრავისას საკონტაქტო ზედაპირის ფართობთან ჩაჭიდების μ კოეფიციენტზე. ჩვენი და მრავალი მეცნიერ-მკვლევართა მიხედვით ჩაჭიდების ადჰეზიური კოეფიციენტი ხახუნის ზედაპირებით შექმნილ ჭვრიტეში საკომპოზიციო მასალებისა და საკონტაქტო პირობების (მშრალი, ზღვრული, ელასტოპიდროდინამიკური, ვაკუუმში) გათვალისწინებით **იგვლება $\mu = 0,1 \leq 1,5$** [1, 4, 5]. ვითვალისწინებთ რა ვაკუუმური ამძრავების ჩვენი კვლევების შედეგებს საორიენტაციო ჩაჭიდების μ კოეფიციენტს ვიღებთ ერთი - ერთნახევრის ტოლს და ლენტური კონვეიერის ამძრავების უპირატესი საანგარიშო სქემებისათვის ცხრილი 1-ის სახით ვადგენთ ვაკუუმური ამძრავებისათვის წევის ($e^{\mu\alpha}$) ფაქტორის თეორიულ მნიშვნელობებს, (რომელთა მნიშვნელობების ლაბორატორიული შემოწმებისას, ერთდოლიანი ვაკუუმ-ამძრავებისათვის, შემოხვევის კუთხით $180^\circ-270^\circ$ დასაშვებად თანმთხვევადა; ხოლო $360^\circ-530^\circ$ -თვის, ლაბორატორიული სტენდების უქონლობისა და უსახსრობის გამო ვერ მოწმდება); აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ვაკუუმური ამძრავები ხასიათდება **საკუთარი წევის ფაქტორით** (ჩვენი ტერმინია), ანუ დატვირთული შტოს საყრდენ გორგოლაჭებს შორის ლენტის მინიმალური ჩალუნვის ისრის შემნარჩუნებელი დაჭიმულობისას განვითარებული წევის ძალა იანგარიშება (მისი ოპტიმალური მნიშვნელობა ჰორიზონტალური და მცირედ დახრილი დანადგარებისათვის იანგარიშება არა უმეტეს $S_p=pRB$) ფორმულით

$$\frac{S_{\text{სწ}}}{pRB} = \left(e^{\mu\alpha} - \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\delta}} \right) \sum_{k=1}^{n_{\text{ა}}} e^{-\mu(\beta+\delta)(k-1)}$$

სადაც k არის ვაკუუმური ქვეზონის ნომერი; p - ვაკუუმის მნიშვნელობა დკნ|სმ²; B - საკონვეიერო ლენტის სიგანე, მ; R - ვაკუუმ დოლის რადიუსი, მ; α - დოლზე ლენტის შემოხვევის კუთხე გრ./რად.; $b+d$ - ვაკუუმ ქვეზონის ბიჯი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის, სატრანსპორტო მანქანის ამძრავ კვანძების, ვაკუუმში ხახუნის კვლევის ლაბორატორიაში შეიქმნა, დამზადდა, დამონტაჟდა და გამოიცადა სხვა და სხვა კონსტრუქციის ვაკუუმური ამძრავები, სტატიკაში და დინამიკაში კვლევის სპეციალურ სტენდებზე. შედეგები გამოქვეყნებულია და ავტორთა მიერ წარმოდგენილია ინტერნეტ სივრცეში და საქართველოს ინსტიტუტების მიერ მოწყობილ კონფერენციებზე. პარალელურად მიმდინარეობს კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო პარამეტრების სრულყოფა, ამძრავის თითოეული შემადგენელი ელემენტებისა და კვანძებისათვის საექსპლუატაციო ტექნოლოგიური პროცესის გათვალისწინებით და მათთვის შესაბამისი საკომპოზიციო მასალების შერჩევით. უცილობლად აქტუალურია დიდ, რთულპროფილიან ტრასაზე ტვირთების ტრანსპორტირება ერთდგარიან საკონვეიერო დანადგარზე. ანუ ტვირთნაკადის გადატვირთვის გარეშე ტრანსპორტირება, - დატვირთვიდან გაცლის პუნქტამდე; რაც უზრუნველყოფს კონვეიერის დგარსქვეშა

ნაყარის წარმოქმნისა და მისი გაწმენდის საჭიროების ლიკვიდაციას. ყველა ზემოთქმულის სრულყოფილი განხორციელება საჭიროებს: მაღალი საიმედოობის მქონესრულყოფილიკონსტრუქციისვაკუუმურ,-სათაოდაშუალედურამძრავებს;მათი ამუშავების სწორ რიგითობას, რაც უნდა განხორციელდეს ავტომატიზაციის მაღალი ხარისხისა და საიმედოობის უზრუნველყოფით; ახალი მასალებითა და ტექნოლოგიით შექმნილ - მცირე ფარდობითი წაგრძელებისა და ნიშანცვლად დატვირთვებზე დიდი საიმედოობის მქონე საკონვეიერო ლენტებს. მათი საშუალებით შესაძლებელი იქნება მცირე რადიუსიან მრუდწირებში შრომისუნარიანი საკონვეიერო დგარის ჩასმა; შესაბამისი საყრდენი მოწყობილობები ლენტის ცარიელ და დატვირთულ შტოებზე; ამძრავის რგოლურ და წრფივ საკონტაქტო ჭვრიტეებში ვაკუუმის შექმნითა და მისი რეგულირებით საკონტაქტო ზედაპირების ადჰეზიის ისეთი რეგულირება, რომელიც უზრუნველყოფს პეტროვ-ჟუკოვსკის ამოცანის საპირისპირო სურათს, ანუ მოისპობა ან მინიმუმამდე დაიყვანება დრეკადი სრიალი.

ცხრილი 1

ლენტური კონვეიერების საანგარიშო სქემები					
0	1	2	3	4	5
α° რად	180°/3,14	270°/4,71	420°/7,326	480°/8,373	530°/9,245
μ	$\mu\alpha$				
0,2	0,628	0,942	1,4652	1,1,6746	1,849
0,3	0,942	1,413	2,1978	2,5119	2,7735
0,4	1,256	1,884	2,9304	3,3492	3,698
0,5	1,57	2,355	3,663	4,1865	4,225
0,6	1,884	2,826	4,3956	5,0238	5,547
0,7	2,198	3,297	5,1282	5,8611	6,4715
0,8	2,512	3,768	5,8608	6,6984	7,396
0,9	2,826	4,239	6,3954	7,5357	8,3205
1,0	3,14	4,17	7,236	8,373	9,245
μ	წევის ფაქტორი $e^{\mu\alpha}$				
0,2	1,87	2,558	4,309	5,309	6,317
0,3	2,558	4,09	8,945	12,234	15,88
0,4	3,498	6,542	18,568	28,19	39,91
0,5	4,784	10,463	38,549	64,957	100,32
0,6	6,542	16,733	80,0,13	149,67	252,16
0,7	8,947	26,76	166,094	344,88	633,81
0,8	12,235	42,798	344,78	794,7	1593,09
0,9	16,733	68,447	587,505	1831,16	4004,25
1,0	22,88	109,47	1485,7	4219,4	10064,7

ვაკუუმ-ამძრავის გამოყენების ახალი ტრიბოლოგიური ასპექტები საშუალებას იძლევა შევქმნათ მინიმალური საწყისი დაჭიმულობის და იაფი ტვირთმზიდი ლენტებით აღჭურვილი კონვეიერები, რომლის დგარის მეტალშემცველობა იდენტური მწარმოებლობის სერიული წარმოების კონვეიერებთან შედარებით გაცილებით ნაკლები იქნება. აღნიშნულიდან გამომდინარე მცირე იქნება ტვირთის ტრანსპორტირების (ტკმ-ის) ღირებულება, რაც მოგვცემს მწშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს.

დასკვნები

1. ავტონომიურ ვაკუუმურ მექანიზმებიანი (ავმ) ვაკუუმ-ამძრავის ტექნიკური მაჩვენებლების შერჩევა-გაანგარიშება და მუშა პროექტის შედგენა ნებისმიერი საექსპლოატაციო ტექნიკური მაჩვენებლებისა და რეოლოგიური პირობებისათვის, შესრულდება შემდგომი კორექციის საჭიროების გარეშე; ვინაიდან ამძრავის მუშაობის რეჟიმი და რეოლოგიური პირობები, დაუგეგმავად არ შეიცვლება.

2. თანამედროვე (მცირე სიმძლავრისა და გრძელდგარიანი მძლავრიც) ლენტური კონვეიერების ამძრავები მუშაობენ ლეონარდ ეილერის მონაცემების მიხედვით, მნიშვნელოვნად დიდი საწყისი დაჭიმულობის, ამძრავზე ელასტომერის გაზრდილი შემოხვევის ჯამური კუთხისა და შესაბამისად, ელასტომერზე - საკონვეიერო ლენტზე დიდი ნიშანცვლადი დატვირთვის ხარჯზე; და არა ადჰეზიური ხახუნის კოეფიციენტის (იხ. ნახ. 1 და 2) და მისი ტექნოლოგიური პროცესის რეჟიმების (ელასტოჰიდროდინამიკურის, ზღვრულის და მშრალი ხახუნის) მონაცვლეობითა და საჭირო სიდიდემდის რეგულირების ხარჯზე.

ლიტერატურა

1. Молодини Н.Ш. Разработка вакуум-барабана с автономными вакуумными механизмами, для приводов рудничных ленточных конвейеров. Дис. на соиск.уч. степ. канд. тех. наук. Тбилиси, 1980. 177 с.
2. Молодини Н.Ш. (54) Приводной барабан ленточного конвейера. Авт. Свид. СССР №543574 Бюл. изобретения № 3. 25.01.77.
3. Мухелишвили В.Л., Кутателадзе А.А., Молодини Н.Ш. Привод ленточного конвейера. Авт. Свид. СССР №676 506. Бюл. изобретения №28, 1979.
4. Мур Д. Трение и смазка эластомеров. США, 1972, пер. с англ. канд. хим. наук. Г.И. Бродского, Химия, Москва, 1977. с. 264
5. Мур. Д. Основы и применения трибоники. Пер. с англ. канд. физ. наук. С. А. Харламова. “МИР”, Москва, 1978. 488 с.
6. ვ.მუსხელიშვილი, რ. მოლოდინი, ნ. მოლოდინი. ვაკუუმ-ამძრავების საკონტაქტო ზედაპირების კონსტრუქციები. სამთო ჟურნალი № 1(12), თბილისი, 2004. გვ. 21-23.
7. ნ. მოლოდინი, რ. მოლოდინი. ჰიდროდინამიკურ რეჟიმში მომუშავე ვაკუუმ-დოლის ლენტთან საკონტაქტო ჭვრიტებში სითხის შრის სისქის განსაზღვრისათვის. სამთო ჟურნალი, № 2(15), თბილისი, 2005. გვ. 60-62.
8. ნ. მოლოდინი, რ. მოლოდინი, ვაკუუმ-ამძრავის საკონტაქტო ჭვრიტედან გაუხმოების მექანიზმამდე სითხის უწყვეტ ნაკადად გადაღინების კვლევა. სამთო ჟურნალი № 1-2 (18-19), თბილისი, 2007. გვ. 31-36.

SCIENTISTS ABOUT FRICTION AND THE LEVEL OF IMPLEMENTATION OF THE RESULTS

ANNOTATION. The article presents the main indicators of friction drives of belt conveyors: traction coefficient, operating parameters of contact surfaces, drive service life, etc. Troubles of design, improvement of manufacturing and production, which are objective with by many design, production and operating companies in many countries. According to the currently available data analysis, the need to increase the thraction factor (maximum = 40) and performance capabilities have not yet been exhausted, especially since the friction coefficient in vacuum is high and at the same time stable to rheological conditions; Based on this, the possibility of obtaining a high thraction factor ($e^{i\dot{a}}$) using a vacuum drive independent of rheological conditions is being investigated.

KEYWORDS: rheological conditions; traction coefficient; friction transmissions; molecular mechanical theory of friction; recipient; Knudsen coefficient; Zommerfeld number; vacuum subzone; elastic sliding arc; relative rest arc; own traction factor; adhesive friction coefficient.

ასმათ შეყილაძე, მამუკა ბაღნაშვილი, ოთარ კავთელაშვილი, ირმა სამხარაძე, ნინო მაისურაძე, თენგიზ შუბითიძე, გელა ჩქარეული

შქმერის საბადო/მადანგამოვლინების გლაუკონიტის კვიშების გამდიდრებადობაზე კვლევა

ანოტაცია. სტატიაში წარმოდგენილია შქმერი საბადოს გლაუკონიტის კვიშების გამდიდრებადობაზე შესწავლის შედეგები, სინჯის ნივთიერებრივი შედგენილობის და ტექსტურულ-სტრუქტურულ თავისებურების გათვალისწინებით გამდიდრების ტექნოლოგია ითვალისწინებს საწყისი სინჯის მორეცხვა/დეშლამაციას და კვიშური ფრაქციის მაგნიტურ სეპარაციას. შედგენილი გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა შესაძლებლობას იძლევა 1 ტონა მადნიდან მიიღებულ იქნას დაახლოებით 270 კგ კონცენტრატი რკინის ოქსიდის შემცველობით 16 %.

საკვანძო სიტყვები: გამდიდრება, გლაუკონიტი, კონცენტრატი, მაგნიტური სეპარაცია.

რეცენზენტი: მეცნიერი თანამშრომელი, სტუ-ის დამსახურებული პროფესორი, ემერეტუსი ზ. არაბიძე.

შესავალი

გლაუკონიტი ყურდლებას იპყრობს როგორც მრავალმიზნობრივი დანიშნულების ნედლეული, რომელსაც ბუნებრივ პიგმენტად იყენებს ლაქ-საღებავების წარმოება, სასუქად - სოფლის მეურნეობა, სორბენტად - გარემოს დაცვა და სხვა [1].

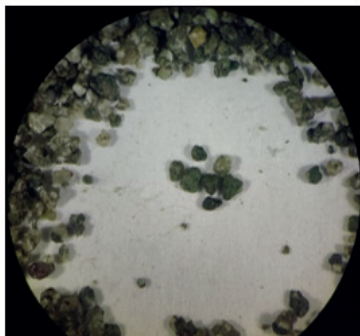
გასული საუკუნის დასაწყისში მისი მსოფლიო მოხმარება შეადგენდა დაახლოებით 1 მილიონ ტონას. ქიმიური ინდუსტრიის განვითარებასა და ახალი ტიპის მაღალეფექტური სინთეზური სასუქების, პიგმენტების წარმოების გაფართოებას თან მოჰყვა მოთხოვნის შემცირება გლაუკონიტზე და 50-იანი წლების ბოლოს იგი საერთოდ მოიხსნა მინერალების ზოგადი სტატისტიკური მონაცემებიდან, წარმოების მკვეთრი შემცირების გამო. დღეს მიმდინარეობს საპირისპირო პროცესი-ქიმიურად სინთეზირებული პროდუქტების მოხმარების შემცირება და ბუნებრივის დაბრუნება. ამჟამად გლაუკონიტს მოიპოვებს: აშშ, დიდი ბრიტანეთი, რუსეთი, უკრაინა, ეგვიპტე, ავსტრალია, კანადა, ინდოეთი, უზბეკეთი და ესტონეთი [2]. ინფორმაცია საქართველოს გლაუკონიტის კვიშების გამდიდრების თაობაზე ძალზე მწირია. საქართველოში კი მისი შესწავლის ისტორია 1928 წლიდან იწყება, მაგრამ ძეგნა-ძიებით სამუშაოებს, რომლებიც სპორადულად მიმდინარეობდა, პრაქტიკული შედეგი არ მოჰყოლია [3]. დღეს, გარემოს გლობალური დაბინძურების, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბუნებრივი სასუქების, ადსორბენტების და პიგმენტების საკუთარი წარმოების განვითარებას ჩვენი ქვეყნისთვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს.

ძირითადი ნაწილი

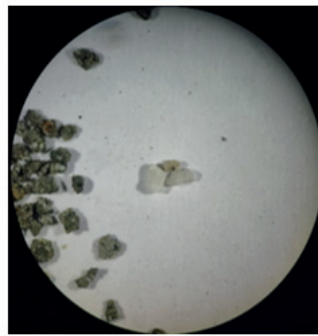
კვლევითი სამუშაო მიზნად ისახავდა შქმერის საბადო/მადანგამოვლინების გლაუკონიტის შემცველი ნედლეულის კვლევას გამდიდრებადობაზე. შქმერის საბადო/მადანგამოვლინება.

შქმერის საბადო/მადანგამოვლინება მდებარეობს ონის მუნიციპალიტეტში სოფელ შქმერთან. საკვლევი ობიექტის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას იღებენ იურული, ცარცული, მესამეული და ვულკანოგენური ქანები. ყველაზე ძველი ფორმაცია ბაიოსის ვულკანოგენური პორფირიტული წყებაა, რომელიც წარმოდგენილია ფენობრივი და მასიური ტუფობრეჭებით, ტუფოქვიშაქვებით, მინდვრისშპატიანი პორფირიტების განფენებით, დიაბაზებით და სხვა. პორფირიტულ წყებას ზემოდან ადევს ფერადი თიხები და ფენობრივი ტუფოქვიშაქვები [2].

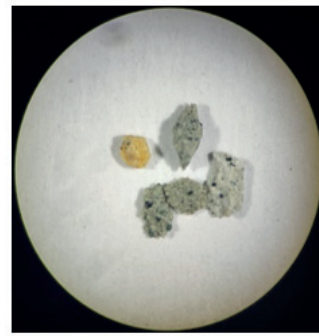
მაკროსკოპულად საბადოდან აღებული ქანი წარმოადგენს მომწვანო ნაცრისფერ ქვიშაქვას. გლაუკონიტი კვარცის შემდგომ, რაოდენობით მეორეა და მისი მარცვლების ზომა 0.63 მმ-დან 0.08 მმ-მდე მერყეობს, ძირითადად მუქი, იაშვიათად ღია მწვანე ფერისაა და მომრგვალებული ფორმები აქვს, ნაპრალები ამოვსებულია თიხა-კარბონატული მასით. მინერალოგიური ანალიზის თანახმად, ქანში გვხვდება შემდეგი მინერალები: გლაუკონიტი, კვარცი, კარბონატი, ჰემატიტი, ბიოტიტი, მაგნეტიტი-ილმენიტი და პირიტი.



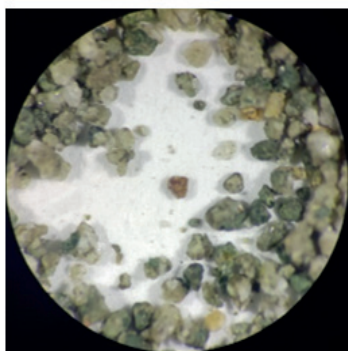
გლაუკონიტი



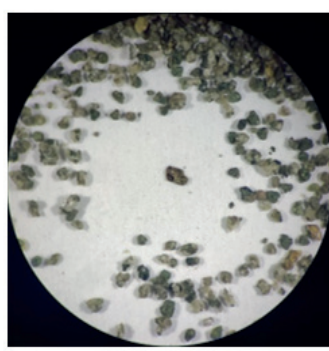
კვარცი



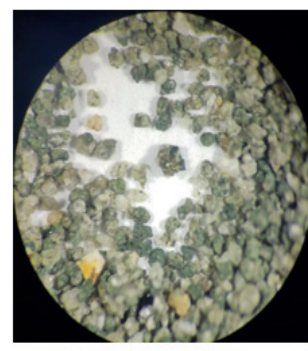
კარბონატი



ჰემატიტი



ბიოტიტი



პირიტი

სურ. 1. გლაუკონიტის ქანიდან გამოყოფილი მონომინერალები

მინერალოგიური აღწერებიდან გამოდინარე შესაძლებელია ითქვას, რომ ლვერკის საბადოს გლაუკონიტის მარცვლების დეზინტეგრაცია იწყება -0,63 მმ-დან.

საცრითი ანალიზისთვის საკვლევი სინჯი დაიმსხვრა -2,5 მმ-დე, თითოეულ კლასში განისაზღვრა Fe₂O₃ (საერთო)-ის შემცველობა, რამაც საშუალება მოგვცა გაგვერკვია ამ კომპონენტის კლასებს შორის განაწილების ხარისხი.

ცხრილი 1

2,5მმ-დე დამსხვრეული გლაუკონიტის ნედლეულის საცრითი ანალიზის შედეგები

	სისხოს კლასები, მმ	კლასის გამოსავალი, %	Fe ₂ O ₃ -ის (საერთო) შემცველობა, β %	ამოკრეფა, ε %
1	-2.5+1.25	18.9	7.5	17.08
2	1.25+0.63	8.4	10.4	10.52
3	-0.63+0.315	16.0	11.5	21.17
4	-0.315+0.16	29	9.4	32.84
5	-0.16+0.08	12.5	7.3	11
6	-0.08+0,04	4.1	4.04	7.39
7	-0.04+0	11.1		
8	-2.5+0	100	8.3	100

ცხრილი 1-ის მონაცემების თანახმად, სისხოს კლასებს შორის რკინის შემცველობა არათანაბარია. ყველაზე მაღალი შემცველობა Fe₂O₃ - 11.5 % არის -0.63+0.315 მმ-იან კლასში. -0,08 მმ-იან სისხოს კლასის გამოსავალი 15.2 % -ია, რაც ხელისშემშლელია და საჭიროებს გამდიდრების ტექნოლოგიურ ჭრილში დემლამაცია/მორეცხვის ჩართვას.

დემლამაცია გულისხმობს გასამდიდრებელი მასალის დეზინტეგრაციას წყლის გარემოში და წვრილი კლასის მოცილებას გადანადენის სახით. ექსპერიმენტების პროცესში სინჯის მასა იყო ერთნაირი და შეადგენდა 1 კგ-ს, იცვლებოდა ერთი პარამეტრი, ხოლო დანარჩენი სამი უცვლელი რჩებოდა.

ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგინდა მორეცხვა/დემლამაციის რეჟიმული პარამეტრები: დასველება/დაღობის ხანგრძლივობა 8 სთ; მყარის და თხევადის თანაფარდობა 1/2; ამრევის ბრუნთა რიცხვი 250 ბრ/წთ; აგიტაციის დრო 40 წთ. რის შედეგად მიღებულ იქნა ქვიშური პროდუქტი გამოსავლით 72.5 %, Fe₂O₃ -ის შემცველობით 10.2% რომელიც წარმოადგენს საწყის მასალას მაგნიტური სეპარაციისთვის.

გლაუკონიტი ორ- და სამვალენტური რკინის შემცველი მინერალია, რაც მის მაგნიტურ ამთვისებლობას განაპირობებს. იგი სუსტმაგნიტურია და ძლიერ მაგნიტურ ველში მაგნიტურ ფრაქციაში გადადის. ამ თვისების გამო ქვიშიდან მისი ამოღების ყველაზე ეფექტური ხერხია მაგნიტური სეპარაცია. გლაუკონიტის კონცენტრატის მისაღებად შერჩეული იქნა CMBИ-1JIM მარკის, მაგნიტური ველის მაღალი დამაბულობის მქონე ლილვაკებიან სეპარატორი, განკუთვნილი სუსტმაგნიტური მინერალების გასაყოფად.

ექსპერიმენტები ზემოაღნიშნული ქვიშების მაგნიტური სეპარაციის რეჟიმის დასადგენად ჩატარდა სეპარატორის დოლის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვის და მაგნიტური ფრაქციის გადაწმენდების სხვადასხვა რაოდენობის პირობებში. შედეგები მოცემულია ცხრილებში 2 და 3.

ცხრილი 2-ის მონაცემების თანახმად, მაგნიტური სეპარატორის დოლის ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობის დასადგენად ჩატარებულ ცდაში ბრუნთა რიცხვის

მნიშვნელობად აღებული იქნა 20 ბრ/წთ და იზრდებოდა ბიჯით 20. ბრუნთა რიცხვის 20 ბრ/წთ კონცენტრატში (მაგნიტურ პროდუქტში) რკინის შემცველობა არის 13.8 %,

ცხრილი 2

მაგნიტური სეპარატორის ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობის დადგენა

#	ბრუნთა რიცხვი, ბრ/წთ	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის გამოსავალი, %	Fe ₂ O ₃ -ის (საერთო) შემცველობა, β %	ამოკრეფა, ε %
1	20	მაგნიტური	43.8	13.8	59.2
		არამაგნიტური	56.2	7.4	40.8
		საწყისი	100	10.2	100
2	40	მაგნიტური	39.5	14.7	57
		არამაგნიტური	60.5	7.25	43
		საწყისი	100	10.2	100
3	60	მაგნიტური	32.1	13.6	42.8
		არამაგნიტური	67.9	8.45	56.2
		საწყისი	100	10.1	100
4	80	მაგნიტური	30.3	12.2	36.3
		არამაგნიტური	69.7	9.3	63.7
		საწყისი	100	10.18	100

ცხრილი 3

მაგნიტური ფრაქციის გადაწმენითი ოპერაციების გავლენა კონცენტრატის ხარისხზე

#	გადაწმენდის რაოდენობა	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის გამოსავალი, %	Fe ₂ O ₃ -ის (საერთო) შემცველობა, β %	ამოკრეფა, ε %
1	3	მაგნიტური	39.5	14.7	57
		არამაგნიტური	60.5	7.25	43
		საწყისი	100	10.2	100
2	4	მაგნიტური	37.1	16.2	58.8
		არამაგნიტური	62.9	6.7	41.2
		საწყისი	100	10.22	100
3	5	მაგნიტური	33.8	16.5	54,6
		არამაგნიტური	66.2	7	45,4
		საწყისი	100	10.2	100
4	6	მაგნიტური	31.3	16.7	51,4
		არამაგნიტური	67.8	7.3	48,6
		საწყისი	100	10.18	100

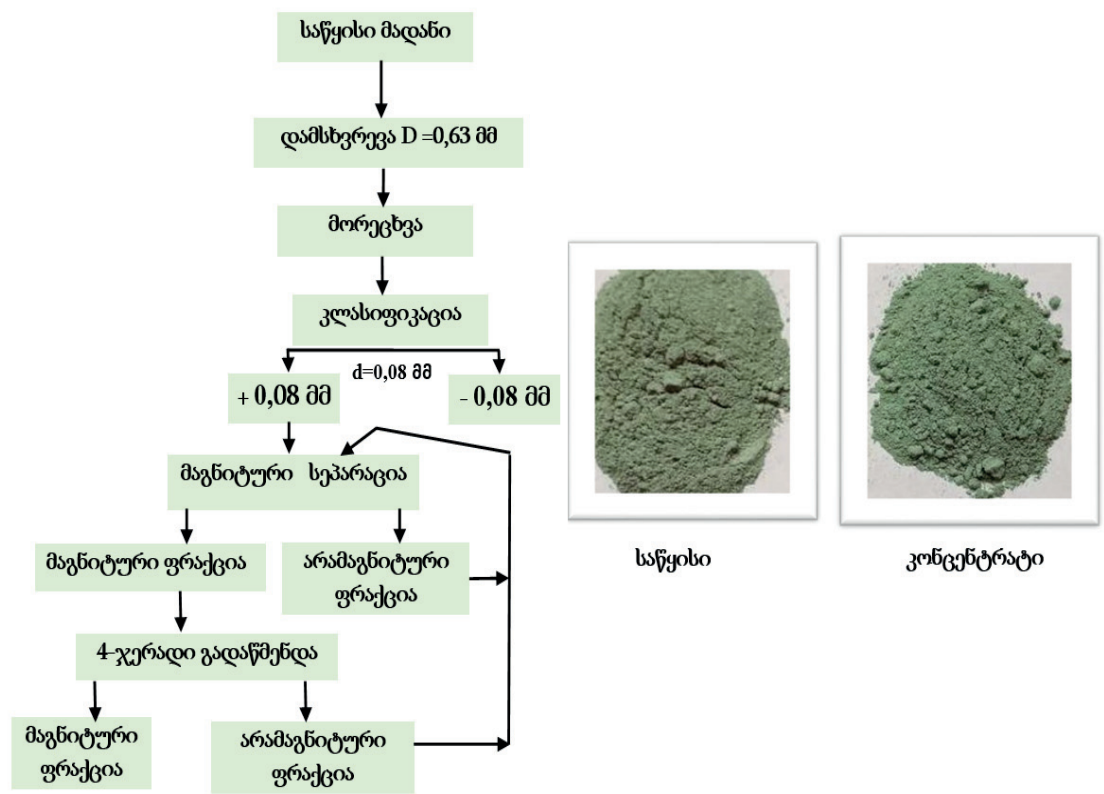
ხოლო ბრუნთა რიცხვის გაზრდა 40 ბრ/წთ-მდე ახლოს არის ტექნიკური რეგლამენტის მოთხოვნასთან. სეპარატორის დოლის ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობის გაზრდა 60 ბრ/წთ და 80/ბრ/წთ იწვევს კუდებში (არამაგნიტურ პროდუქტში) სამიზნე მინერალების კარგვას, შესაბამისად ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობად აღებული იქნა 40 ბრ/წთ.

ცხრილი 3-ის თანახმად ოთხჯერადი გადაწმენდის შედეგად მიიღება კონცენტრატი, რკინის ოქსიდის შემცველობით 16.2 %. გადაწმენდითი ოპერაციების რაოდენობის ზრდა ამ მაჩვენებელს აუმჯობესებს, მაგრამ მაგნიტური პროდუქტის გამოსავალი იკლებს. ამიტომ გადაწმენდითი ოპერაციების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 4-ს. საბოლოო გამდიდრების შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.

ცხრილი 4

შქმერის საბადოს გლაუკონიტისანი ქვიშების გამდიდრების შედეგები

#	პროდუქტის დასახელება		პროდუქტის გამოსავალი, γ %		Fe ₂ O ₃ -ის (საერთო) შემცველობა, β %		ამოკრეფა, ϵ %	
1	ქვიშა	მაგნიტური	26.9	72.5	16.2	10.2	52.4	89.1
		არამაგნიტური	45.6		6.7		36.7	
2	გადანადენი		27.5		3.3		10.9	
3	საწყისი		100		8.3		100	



ნახ. 1. შქმერის საბადოს გამდიდრების სარეკომენდაციო სქემა

დასკვნა

შედგენილი იქნა შქმერის საბადოს გლაუკონიტის შემცველი ნედლეულის გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა (ნახ.1), რომელიც აერთიანებს ოპერაციებს: ნედლეულის დამსხვრევა -0,63 მმ-დე, დეზინტეგრაცია-დეშლამაცია, ქვიშური პროდუქტის შრობა და მაგნიტური სეპარაცია, უხეში კონცენტრატის მაგნიტური პროდუქტის ოთხჯერადი გადაწმენდას ჩაკეტილ ციკლში, რის შედეგადაც 1 ტონა მადნიდან მიიღება დაახლოებით 270 კგ კონცენტრატი რკინის ოქსიდის შემცველობით 16%.

ლიტერატურა

1. Andronov S.A. Glaucosite – the mineral of the future. Proc. of the first International Conf. The Importance of Industrial Minerals in the World Economy: Deposits, Technology, Economic Assessment. M. GEOS, 2006. 79-83 p.
2. Rudmin M.A. On the possibility of using glaucosite from the rocks of the Bakchar deposit in agriculture. Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Georesources engineering. 2016. Vol. 327. No. 11. 6–16 p.

**SHEKILADZE ASMAT, KAVTELASHVILI OTAR, BAGNASHVILI MAMUKA,
SAMKHARADZE IRMA, MAISURADZE NINO, SHUBITIDZE TENGIZ,
CHQAREULI GELA**

RESEARCH ON ENRICHMENT OF THE GLAUCONITE SANDS OF THE SHKMERI DEPOSIT

ABSTRACT. The article presents the results of studying the enrichment of glaucosite sands of the Shkmeri deposit, taking into account the material composition and textural-structural features of the sample, the enrichment technology provides for washing/deslimation of the initial sample and magnetic separation of the sandy fraction. The developed enrichment technological scheme makes it possible to obtain 270 kg of concentrate with iron oxide content of 16% from 1 ton of ore.

KEYWORDS: enrichment; concentrate; magnetic separation.

კარინე ხაჩატურიანი, ნესტან გეგია, ნუნუ შეყრილაძე, ეკატერინე უკლება

საქართველოსა და უცხოეთის ქვეყნების ზოგიერთი საბადოს ბენტონიტების შედარებითი ტექნოლოგიური შეფასება

ანოტაცია. ჩატარებულია საქართველოსა და საზღვარგარეთის ქვეყნების ზოგიერთი საბადოების ბენტონიტების ტექნოლოგიური მახასიათებლების შეფასება. ნაჩვენებია საქართველოს ბენტონიტური თიხების უპირატესობა ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით. უცხოეთის ქვეყნების ბენტონიტებიდან საუკეთესო აღმოჩნდა უნგრეთის ნიმუში. შესწავლილია ბენტონიტების ადსორბციის უნარი მეთილენ ცისფერის (MB) მიმართ. დადგენილია, რომ თერმული დამუშავება 500°C ტემპერატურაზე იწვევს MB-ს მიმართ ბენტონიტების ადსორბციული აქტივობის შემცირებას.

საკვანძო სიტყვები: ბენტონიტური თიხა; მონტმორილონიტი; გაჯირჯვება-დობა; წყალშთანთქმა; კოლოიდურობა; ბენტონიტური რიცხვი; ადსორბცია; მეთილენის ცისფერი.

რეცენზენტი: თსუ-ს პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების კვლევის ლაბორატორიის გამგე, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი თ. კორძახია

ბენტონიტური თიხების გამოყენების სფეროები მრავალფეროვანია და ამჟამად მსოფლიოში მოთხოვნილება მაღალხარისხოვან ბენტონიტებზე არ მცირდება, რაც განპირობებულია მათი სპეციფიკური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით.

კვლევის მიზანი იყო ბენტონიტების ტექნოლოგიურად მნიშვნელოვანი ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისების განსაზღვრა და შეფასება.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა საქართველოს ბენტონიტური თიხების საბადოები (ვანისქედი, ციხისუბანი, ოზურგეთი, ჭიათურა), ხოლო შესადარებლად გამოყენებული იქნა ბენტონიტური თიხები უცხოეთის ქვეყნებიდან (ინგლისიდან, იუგოსლავიიდან, იაპონიიდან, ბულგარეთიდან, უნგრეთიდან), ასევე – ეტალონი - საყალიბე ბენტონიტური თიხის სტანდარტული ნიმუში K 11 [1]. აღნიშნული ბენტონიტები წარმოდგენილია Ca-მონტმორილონიტით; მინარეგების სახით შეიცავენ მინერალებს: Ca-Na-მინდვრის შპატს, ქარსს, კვარცს, კალციტს და α -კრისტობალიტს.

საკვლევი ბენტონიტებისთვის განისაზღვრა ისეთი მაჩვენებლები, როგორცაა მინერალ მონტმორილონიტის შემცველობა, გაჯირჯვებადობა, კოლოიდურობა, ბენტონიტური რიცხვი, წყალშთანთქმა, რაც წარმოადგენს საფუძველს მათი ტექნოლოგიური შეფასებისა. ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების განსაზღვრის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 1; უნდა აღინიშნოს, რომ მონტმორილონიტის მასური წილის, კოლოიდურობის და წყალშთანთქმის შეფასება ჩატარდა საყალიბე ბენტონიტური თიხების კლასიფიკაციის თანახმად [2].

ბენტონიტების ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები

№	ბენტონიტის ნიმუში და ქვეყანა	მონტმორილონიტის მასური წილი, %	გაჯირჯვე-ბადობა, სმ ³	კოლოიდურობა, %	ბენტონიტური რიცხვი, %	წყალშთანთქმის კოეფიციენტი, K
1	ვანისქედი 1 – საქართველო	72,0	10,0	28,0	30,0	2,3
2	ვანისქედი 2 – საქართველო	69,0	13,0	33,0	33,5	2,72
3	ციხისუბანი – საქართველო	64,0	14,0	97,0	98,0	5,4
4	ოზურგეთი – საქართველო	78,0	17,0	85,0	-	6,05
5	ჭიათურა № 2 – საქართველო	16,0	6,0	13,0	13,0	1,2
6	ინგლისი	20,0	5,5	47,3	-	2,3
7	იუგოსლავია	35,0	2,5	10,0	-	-
8	იაპონია	32,0	2,5	11,0	-	-
9	ბულგარეთი	97,0	2,13	13,0	-	1,2
10	უნგრეთი	83,0	18,5	60,0	74,75	5,45

ამგვარად, საქართველოს ბენტონიტებს შორის მონტმორილონიტის მაღალ შემცველობას ამჟღავნებენ ოზურგეთის (78,0 %) და ვანისქედის 1 უბნის (72,0 %) ნიმუშები, საშუალო შემცველობას – ვანისქედის 2 უბნის (69,0 %) და ციხისუბნის (64,0 %) ნიმუშები, ხოლო ჭიათურის ბენტონიტის მსგავსი თიხისთვის მისი მნიშვნელობა დასაშვებ ნორმაზე დაბალია. უცხოეთის ქვეყნების ბენტონიტებს შორის მონტმორილონიტის ყველაზე მაღალი შემცველობა ახასიათებს ბულგარეთის (97,0 %) და უნგრეთის (83,0 %) ნიმუშებს, დანარჩენებში ის დაბალია.

კლასიფიკაციის [2] თანახმად, ციხისუბნისა და ოზურგეთის ბენტონიტები ამჟღავნებენ მაღალ კოლოიდურობას (შესაბამისად 97,0 % და 85,0 %), უნგრეთისა და ინგლისის ნიმუშებს აქვთ საშუალო კოლოიდურობა, დანარჩენს კი – დაბალი.

შესწავლილი ყველა ბენტონიტიდან ოზურგეთის, ციხისუბნისა და უნგრეთის ნიმუშებს აქვთ საშუალო წყალშთანთქმა (6,05; 5,4 და 5,45); დანარჩენი ნიმუშებისთვის ის დაბალია (2,3 – 2,72) და დასაშვებ ნორმაზეც დაბალი. ციხისუბნის ბენტონიტზე მიღებულია ბენტონიტური რიცხვის ძალიან მაღალი მაჩვენებელი (98,0 %), რაც ნაჩვენებია სურ. 1; ასევე მაღალი მნიშვნელობა აქვს უნგრეთის ბენტონიტს (74,75 %).

გაჯირჯვებადობის კვლევამ აჩვენა, რომ ყველა შესწავლილი ბენტონიტი ბუნებრივ მდგომარეობაში ამჟღავნებს გაჯირჯვების დაბალ მაჩვენებლებს, ხოლო უმნიშვნელოდ განსხვავდება ნიმუშები ოზურგეთიდან და უნგრეთიდან. გაჯირჯვების უნარიანობის გაუმჯობესების მიზნით, ზოგიერთი ნიმუში მოდიფიცირებული იყო ჩვენს მიერ ადრე დადგენილი ქიმიური რეაგენტების ოპტიმალური კომბინაციით [3, 4],

რამაც შესაძლებელი გახადა მათი გაჯირჯვებადობის ამათუიმხარისხით გაზრდა. უნდა აღინიშნოს, რომ ქიმიური რეაგენტების შესწავლილი კომბინაციებიდან ციხისუბნისა და ვანისქედის 1 უბნის ნიმუშებისთვის ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaO}$ კომბინაცია, რომელმაც გამოიწვია მათი გაჯირჯვების უნარიანობის გაზრდა ~ 6,5-ჯერ; იგივე ეფექტი მიღებულია მხოლოდ Na_2CO_3 -ის გამოყენებით, ხოლო $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MgO}$ -ს კომბინაციამ გააუმჯობესა გაჯირჯვებადობა 5 - ჯერ. ყველა ამ კომბინაციის მოქმედება აღმოჩნდა ნაკლებად ეფექტური უნგრეთის ნიმუშისთვის, რომლის გაჯირჯვების უნარიანობა გაიზარდა მხოლოდ ~ 2-3-ჯერ. სურათზე 2 წარმოდგენილია ციხისუბნის ბენტონიტის გაჯირჯვებადობის ცვლილება რეაგენტების კომბინაციით:



სურ. 1. ცილინდრი ციხისუბნის ნიმუშის ბენტონიტური რიცხვის განსასაზღვრავად



სურ. 2. ციხისუბნის ბენტონიტის გაჯირჯვებადობა ქიმიური რეაგენტების კომბინაციების მოქმედების შედეგად: 1 – საწყისი ნიმუში; 2 – დამუშავებული $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaO}$; 3 – დამუშავებული $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MgO}$; 4 – დამუშავებული Na_2CO_3

მოცემულ ნაშრომში შეფასდა ბენტონიტური თიხების ადსორბციის უნარი მეთილენის ცისფერის (MB) მიმართ; MB-ს ადსორბციის მაჩვენებლის განსაზღვრა ჩატარდა გერმანული მეთოდის მიხედვით [5].

წინასწარ განისაზღვრა $t=105-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე გამომშრალი ნიმუშების ადსორბციული აქტივობა MB-ს მიმართ; მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2, რომლის მონაცემების მიხედვით MB-ს ადსორბციის სიდიდე იცვლება ფართო ზღვრებში: $A = 107,61 - 492,57$ მგ/გ; MB-ს ადსორბციის სიდიდის მიხედვით ($A = 344,51 - 492,57$ მგ/გ) საქართველოს ბენტონიტები (ჭიათურის ბენტონიტის მსგავსი თიხის გარდა) ბევრად აღემატებიან უცხოური საბადოების ბენტონიტებს ($A = 107,61 - 226,81$ მგ/გ), რომელთა შორის საუკეთესო მაჩვენებელს ამჟღავნებს უნგრეთის ნიმუში ($A = 311,31$ მგ/გ).

ბენტონიტების თერმული დამუშავების გავლენა მათ ადსორბციულ
აქტივობაზე მეთილენ ცისფერის მიმართ

№	ბენტონიტის სინჯი და ქვეყანა	სინესტე, %	ადსორბცია MB -ს 0,5 % -ნი ხსნარიდან		თერმოსტაბილუ- რობის კოეფიციენტი, K
			MB-ს ხარჯი V, მლ	A, მგ/გ	
1	ვანისქედი 1 (t=105-110 °C)	13,901	31	360,05	0,31
2	- « - (t=500 °C)	1,109	11	111,23	
3	ვანისქედი 2 (t=105-110 °C)	16,057	35	416,95	0,41
4	- « - (t=500 °C)	1,605	17	172,77	
5	ციხისუბანი (t=105-110 °C)	16,763	41	492,57	0,52
6	- « - (t=500 °C)	1,755	25	254,47	
7	ოზურგეთი (t=105-110 °C)	10,016	31	344,51	0,72
8	- « - (t=500 °C)	3,149	24	247,80	
9	ჭიათურა №2 (t=105-110 °C)	7,249	16	172,50	0,59
10	- « - (t=500 °C)	2,481	10	102,54	
11	ინგლისი (t=105-110 °C)	7,411	21	226,81	0,72
12	- « - (t=500 °C)	1,716	16	162,79	
13	იუგოსლავია (t=105-110 °C)	7,075	10	107,61	0,47
14	- « - (t=500 °C)	1,575	5	50,80	
15	იაპონია (t=105-110 °C)	8,651	12	131,36	0,48
16	- « - (t=500 °C)	3,861	6	62,41	
17	ბულგარეთი (t=105-110 °C)	8,378	12	130,97	0,65
18	- « - (t=500 °C)	5,424	8	84,59	
19	უნგრეთი (t=105-110 °C)	10,058	28	311,31	0,72
20	- « - (t=500 °C)	1,451	22	223,24	
21	ეტალონი (t=105-110 °C)	5,22	20	211,01	0,54
22	- « - (t=500 °C)	3,00	11	113,40	

მონაცემების მიხედვით MB-ს ადსორბციის სიდიდე იცვლება ფართო ზღვრებში: $A = 107,61 - 492,57$ მგ/გ; MB-ს ადსორბციის სიდიდის მიხედვით ($A = 344,51 - 492,57$ მგ/გ) საქართველოს ბენტონიტები (ჭიათურის ბენტონიტის მსგავსი თიხის გარდა) ბევრად აღემატებიან უცხოური საბადოების ბენტონიტებს ($A = 107,61 - 226,81$ მგ/გ), რომელთა შორის საუკეთესო მაჩვენებელს ამჟღავნებს უნგრეთის ნიმუში ($A = 311,31$ მგ/გ).

შემდეგ ეტაპზე შესწავლილი იქნა გამოსაკვლევი ბენტონიტების 500°C ტემპერატურაზე დამუშავების ზემოქმედება MB-ს მიმართ მათ ადსორბციულ აქტივობაზე. კვლევის შედეგები (იხ. ცხრილი 2) მიუთითებს იმაზე, რომ თერმული დამუშავება იწვევს ყველა ნიმუშის MB-ს მიმართ ადსორბციის სიდიდის შემცირებას $\sim 1,5 - 2,5$ -ჯერ; ადსორბციის სიდიდის მიხედვით ($A = 111,23 - 254,47$ მგ/გ) საქართველოს თერმულად დამუშავებული ბენტონიტები კვლავ ჯობნიან უცხოეთის ბენტონიტებს ($A = 50,80 - 162,79$ მგ/გ; უნგრეთის ნიმუშის $A = 223,24$ მგ/გ).

მიღებული მონაცემების საფუძველზე გამოითვალა თერმოსტაბილურობის კოეფიციენტი (იხ. ცხრილი 2): ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა $K = 0,72$, რომელიც აღემატება სტანდარტულ ნიმუშსაც კი, მიღებული იქნა ოზურგეთის, ინგლისისა და უნგრეთის ნიმუშებზე; ბულგარეთის ნიმუშის K -ს მნიშვნელობა მათზე ოდნავ დაბალია – $K = 0,65$, ხოლო ყველაზე დაბალი მნიშვნელობა $K = 0,31$ აქვს ვანისქედის 1 უბნის ნიმუშს; დანარჩენი შესწავლილი ნიმუშების K -ს მნიშვნელობა მერყეობს ზღვრებში: $K = 0,41 - 0,59$.

ამრიგად, შესწავლილი ბენტონიტების ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების შეფასებამ აჩვენა საქართველოს ბენტონიტური თიხების უპირატესობა; უცხოეთის ქვეყნების ბენტონიტებიდან საუკეთესო აღმოჩნდა უნგრეთის ნიმუში.

ლიტერატურა

1. Паспорт стандартного образца утвержденного типа ГСО 8694-2005 К11.
2. ГОСТ 28177 - 89 Глины формовочные бентонитовые. Общие технические условия. Изд-во стандартов, Москва, 1989. 30 с.
3. Хачатурян К.К., Гегия Н.А., Энукидзе Г.Ш., Уклеба Е.Н. Исследование некоторых технологических параметров бентонитовых глин. Изв. Нац. АН Грузии, сер. хим., № 1-2, т. 41, Тбилиси, 2015. с.154-159.
4. Хачатурян К.К., Гегия Н.А., Энукидзе Г.Ш., Гурули Т.С. Зависимость набухания бентонитовых глин от природы химических реагентов. Изв. Нац. АН Грузии, сер. хим., № 1, т.42, Тбилиси, 2016. с. 46-51.
5. Снисарь В.П. Определение качества бентонита - методика испытаний немецкого общества литейщиков VDG – MERKBLATT P 69. ИТБ Литье Украины, №1 (209), Киев, 2018. с. 2-6.

**KHACHATURIAN KARINE, GEGIA NESTAN, SHEKRILADZE NUNU,
UKLEBA EKATERINE**

**COMPARATIVE TECHNOLOGICAL ASSESSMENT BENTONITES
IN SPECIFIC DEPOSITS GEORGIA AND FOREIGN COUNTRIES**

ANNOTATION. An assessment of the technological characteristics of bentonites from some deposits in Georgia and foreign countries was carried out. The superiority of Georgian bentonite clays in terms of basic physical and chemical indicators is shown; of the bentonites from foreign countries, the sample from Hungary turned out to be the best. The adsorption capacity of bentonites in relation to methylene blue (MB) has been studied. It has been established that heat treatment at a temperature of 500 °C leads to a decrease in the adsorption activity of bentonites towards MB.

KEYWORDS: bentonite clay; montmorillonite; swelling; water absorption; colloidal; bentonite number; adsorption; methylene blue

მერაბ ნადირაშვილი, ნინო აბესაძე, ნინო ლუდუშაური

ფეთქებადი ნივთიერებების ქიმიური ანალიზის ძირითადი მეთოდები და მათი მნიშვნელობა

ანოტაცია. ფეთქებადი ნივთიერებების მნიშვნელობა შეუფასებელია არამხოლოდ ომში, არამედ მშვიდობიან პერიოდშიც - სამთო მრეწველობაში, ინფრასტრუქტურის მოწყობის დროს და ა.შ. ფეთქებადი ნივთიერებების პრაქტიკული გამოყენება, მათი ქიმიური ანალიზის აუცილებლობას ბადებს: ახლადსინთეზირებული ფეთქებადი, ან სხვა ტიპის ნივთიერების აგებულების დადგენა, შეუძლებელია ანალიზის გარეშე. იგივე შეიძლება ითქვას ვადაგასული ფეთქებადი ნივთიერებების კვლევისა და უტილიზაციის შესახებაც. ზოგადად, ანალიზი, ქიმიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი სფეროა, რომლის არეალი, ხშირად სცილდება ქიმიის საზღვრებს და ისეთ სფეროებში აღწევს, როგორცაა მინერალოგია, ფარმაცია, კრიმინალისტიკა, სამხედრო საქმე. უპირატესად მიმოხილვითი ხასიათის სტატიაში განხილულია ქიმიური ანალიზის მნიშვნელობა ფეთქებად ნივთიერებებთან მიმართებაში, მოტანილია ანალიზის მეთოდების მოკლე დახასიათება, ახალი მეთოდების შექმნის პერსპექტივები.

საკვანძო სიტყვები: ფეთქებადი ნივთიერებები; ქიმიური ანალიზი; PNA ნაერთები; CT ნაერთები; სინთეზი; სპექტროსკოპია; ქრომატოგრაფია.

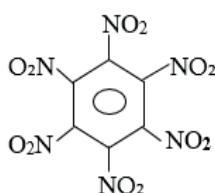
რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის, პოლიმერული კომპოზიტების და მაღალტექნოლოგიური მასალების ლაბორატორიის ხელმძღვანელი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ს. კვინიკაძე.

შესავალი

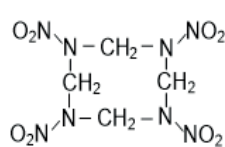
თანამედროვე მსოფლიო ძნელი წარმოსადგენია ფეთქებადი ნივთიერებების (ფნ) გარეშე. ამ მაღალენერგეტიკულ ქიმიურ ნაერთებს ახასიათებთ ექსკლუზიური თვისება - აფეთქება: ეს სწრაფი, „დროში კონცენტრირებული“ ენერგიაა, რომელსაც მუშაობის შესრულება შეუძლია.

ფნ-ებზე, როგორც ჩვეულებრივ ქიმიურ ნივთიერებებზე, ბუნებრივია, ვრცელდება ქიმიის კანონები, აგრეთვე კლასიფიკაცია. შესაბამისად, ცნობილია: პოლინიტროარომატული (Poly Nitro Aromatic, ანუ PNA) ფნ-ები, ნიტრამინები, აზოტმჟავას ესტერები და ა.შ. ფნ-ების უმრავლესობა ქიმიური სინთეზით იწარმოება.

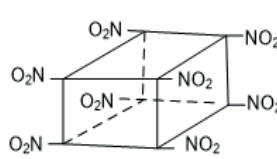
ქვემოთ მოტანილია ოთხი უძლიერესი ფნ-ის ფორმულა [1, 2]:



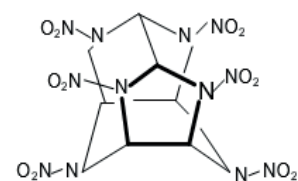
ჰექსანიტრობენზოლი



ოქტოგენი



ოქტანიტროკუბანი



CL-20, ანუ ჰექსანიტრო-ჰექსააზაიზოვიურდიტანი

ზოგადად, ჩვენი სამუშაოს მიზანია: არსებული ფნ-ების სინთეზი, მათი ქიმიური მოდიფიკაცია თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, იაფი და **ეკოლოგიურად უსაფრთხო** ფნ-ების ახალი ნიმუშების შექმნა.

ორიოდე წლის წინ, ჩვენ შევძელით პიკრინმჟავას (TNP) სინთეზის ერთ-ერთი ცნობილი მეთოდის [3] გაუმჯობესება [4]. მისგან და ტროტილისაგან (TNT) ჩვენს მიერ სინთეზირებულია ე.წ. CT ნაერთები (Charge Transfer Compounds, ანუ CT Compounds), რომლებსაც აფეთქების საკმაოდ ძლიერი უნარი აღმოაჩნდათ, **ხშირად უფრო მეტი, ვიდრე საწყის ფნ-ებს.**

საქართველოში არსებული რეალიებიდან გამომდინარე, **უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ვადაგასული ფნ-ების უტილიზაციისა და რეციკლირების მეთოდების მოძიებას.** საკითხი ორმაგად აქტუალურია, რადგან აღნიშნული ნივთიერებები გარემოსათვის **ეკოლოგიურ** საფრთხეს წარმოადგენს. სამაგიეროდ, უტილიზაცია - სამრეწველო ფნ-ებად მათი რეციკლირების პერსპექტივას გააჩენს. ვადაგასული ტროტილის (u-TNT), პიკრინმჟავასა (u-TNP) და სხვა ფნ-ებისაგან აფეთქების უნარის მქონე ნაწარმების სინთეზის პროცესში კი - ქიმიური ანალიზის ჩართვა აუცილებელია.

ქიმიური ანალიზის ძირითადი მეთოდები

ანალიზური ქიმია ორ ძირითად მიმართულებას მოიცავს. საანალიზო ნივთიერების მოლეკულებში ცალკეული ელემენტების, იონების, ატომთა ჯგუფების შემცველობის დადგენა **თვისებითი ანალიზის** ამოცანაა. **რაოდენობითი ანალიზის** მიზანი კი, კომპონენტების %-ული შემცველობის განსაზღვრაა. რომელიმე კომპონენტის რაოდენობის განსაზღვრამდე, საჭიროა ნიმუშში მისი არსებობის დადგენა. ამიტომ, თვისებითი ანალიზი ყოველთვის წინ უსწრებს რაოდენობითს [5, 6].

თუ საკვლევი ნიმუში **ინდივიდუალურ ნივთიერებას** წარმოადგენს, მისი ანალიზი ცალკეული კომპონენტების განსაზღვრამდე დაიყვანება. **ნივთიერებათა ნარევის** რაც შეეხება, აქ, შეიძლება ორ გარემოებას მიექცეს ყურადღება: 1. ნარევი არის კომერციულად საინტერესო ნივთიერება და მცირე რაოდენობის მინარევი. უნდა მოიძებნოს ანალიზის მეთოდები, რომლებიც ამ ნივთიერების **იდენტობას** დაადასტურებს. ამის შემდეგ, უნდა მოიძებნოს გასუფთავების შესაბამისი მეთოდიკა. 2. უფრო რთულია უცნობი ნივთიერებების ნარევის კვლევა. ეს **სისტემურ ანალიზს** მოითხოვს, როგორც მარტივი, ასევე ინსტრუმენტული მეთოდების გამოყენებით.

1. მარტივი, სინჯარული, „ფერადი“ ტესტები

1.1. აალების მეთოდი. ფნ-ების დამახასიათებელი ერთ-ერთი თვისებაა უჟანგბადოდ გაცხელებისას თვითნებური აალება. ამ დროს შეინიშნება დიდი რაოდენობით სითბოსა და აირების გამოყოფა ხმოვანი ეფექტებით. ტესტი: სპირტქურის ალზე აცხელებენ სინჯარას და ათავსებენ მასში საკვლევ ნივთიერებას. შეინიშნება აალება, რომელსაც თან ახლავს წვა ალით, ნაპერწკლებით, მკვეთრი შიშინით ან სტვენით. ჩამოთვლილი გარეგნული ნიშნები ფნ-ებს ახასიათებთ.

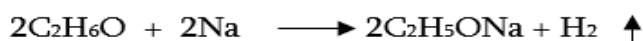
1.2. წვეთოვანი ფერადი რეაქციების მეთოდი. ნარევის ტიპის ფნ-ებში ერთ-ერთი შემადგენელია ამონიუმის გვარჯილა. ამონიუმისა და ნიტრატ-იონების განსაზღვრის მიზნით, ნივთიერებას ამუშავებენ გამოხდილი წყლით, ფილტრავენ და ატარებენ შემდეგ თვისებით რეაქციებს:

- ✓ საკვლევ ხსნარს უმატებენ ე.წ. „ნესლერის რეაქტივის“ წვეთს. ნარინჯისფერ-ყავისფერი ნალექის წარმოქმნა ხსნარში ამონიუმის NH_4 არსებობაზე მიუთითებს.
- ✓ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში დიფენილამინის 1%-იანი ხსნარის 1 წვეთის საკვლევ ნიმუშზე დამატებისას ლურჯი შეფერილობის გაჩენა მიუთითებს ნიტრატ-იონების NO_3 არსებობაზე.

2. ელემენტანალიზი (წვა)

ორგანული ნივთიერებები და მათ შორის ფნ-ებიც, ძირითადად, შედგებიან C, H, N, O ელემენტებისაგან. ანალიზის ერთ-ერთი კლასიკური მეთოდია ნივთიერების განსაზღვრული წონაკის დაწვა. წვის პროდუქტების (CO₂, H₂O, NO₂) „დაჭერას“ ახდენენ წინასწარ აწონილი შესაბამისი რეაქტივებით. თუ გამოიყოფა თავისუფალი აზოტი, მის მოცულობას ზომავენ. მოლეკულაში ჟანგბადის შემცველობას სხვაობით ადგენენ. ამ მონაცემებიდან მიიღება ელემენტთა პროცენტული შემცველობა, საიდანაც ატომურ შემცველობაზე გადასვლისათვის საჭიროა რიცხობრივი მონაცემების გაყოფა შესაბამისი ატომების მასებზე. შემდეგ, ეს მონაცემები იყოფა უმცირესზე. მაგალითად, ვთქვათ, შარდოვანას ანალიზისას მიღებულია პროცენტული მონაცემები: C - 19.93; H - 6.62; N - 46.70; O - 26.75. ესენი იყოფა ატომურ მასებზე და მიიღება, შესაბამისად 1,66; 3,33; 6,62; 1,66. ყველა მათგანის უმცირესზე გაყოფის შემდეგ მიიღება 1; 2; 3,98; 1. ამიტომ, შესაბამისი ფორმულა იქნება C₁H₄N₂O₁. რა თქმა უნდა, იგივე პროცენტები ექნება ნებისმიერ ჯერად ფორმულას, მაგალითად, C₂H₈N₄O₂ ან C₃H₁₂N₆O₃. ნამდვილი ფორმულის დასადგენად, კრიოსკოპიული, ებულიოსკოპიული მეთოდებით ან მასსპექტრომეტრით განსაზღვრავენ ნივთიერებების მოლეკულურ მასას. იგი აუცილებლად აღმოჩნდება Mr=60. ეს ნივთიერება კი არის შარდოვანა [7].

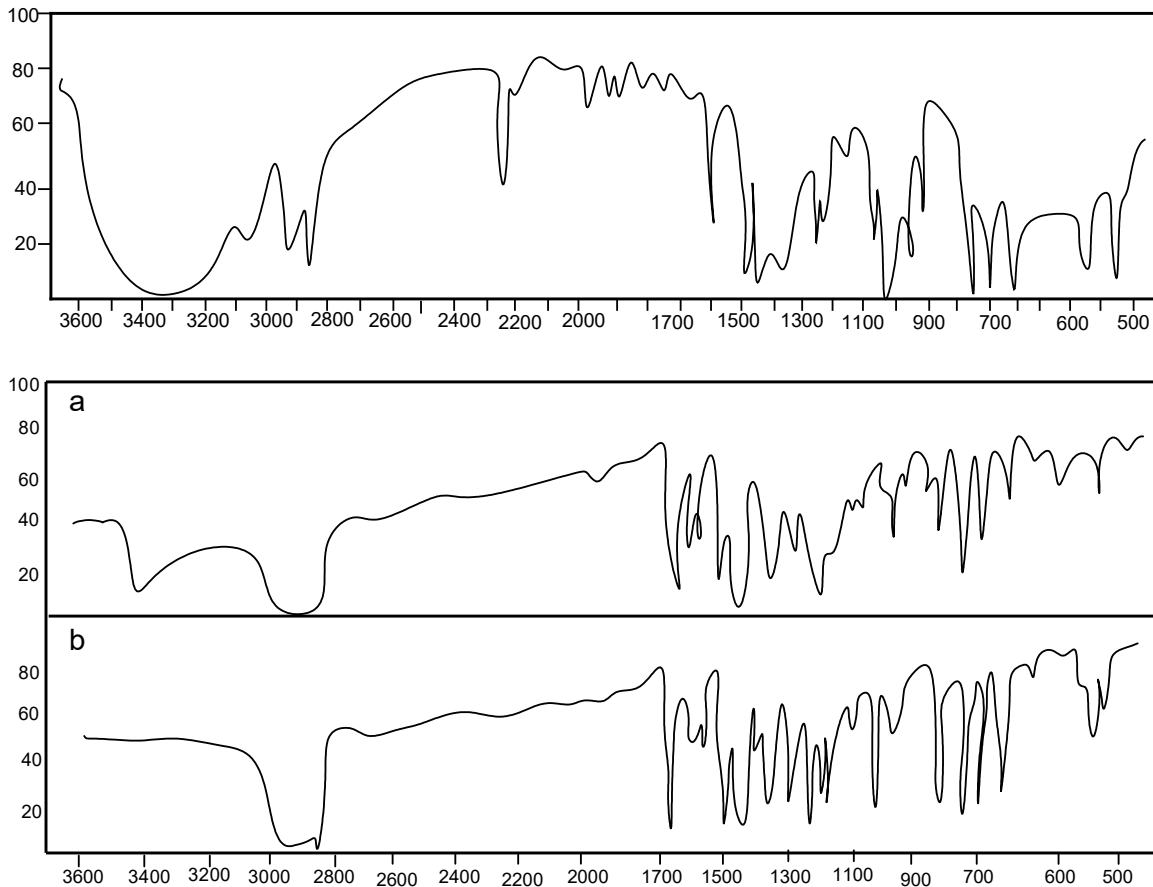
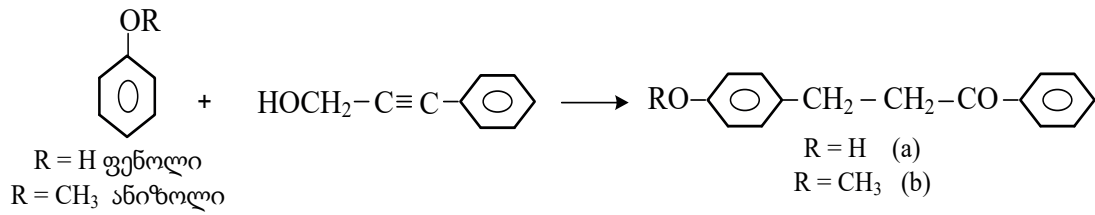
ვთქვათ, ანალიზის შედეგად მივიღეთ ასეთი ბრუტო-ფორმულა - C₂H₆O. რა ნივთიერებაა ეს? აქ შეიძლება **მხოლოდ** ორი სტრუქტურული ფორმულის გამოყვანა. მეტალური ნატრიუმით ექვსი წყალბადატომიდან მხოლოდ ერთი ჩაინაცვლება, რაც მიუთითებს, რომ **წყალბადის ერთი ატომი მოლეკულაში განსხვავებულ მდგომარეობაშია ხუთი დანარჩენისაგან**. ანუ, საანალიზო ნივთიერება B ფორმულას შეესაბამება:



3. სპექტროსკოპია

3.1. ინფრაწითელი - IR-სპექტრები. ინფრაწითელი სხივების ნივთიერებაში გატარებისას, გამოსხივების ენერჯის ნაწილი შთანთქმდება. მოლეკულაში არსებული ქიმიური ბმების ე.წ. **ვალენტურსა და დეფორმაციულ** რხევებზე იხარჯება მკაცრად განსაზღვრული ენერჯია [8]. ამიტომ, რომ ყოველი ქიმიური ბმა ხასიათდება მხოლოდ განსაზღვრული შთანთქმის ზოლით. ინფრაწითელ სპექტრში შთანთქმის მინიმუმების მდებარეობის მიხედვით, შეიძლება ზუსტად დავადგინოთ, რომელი ქიმიური ბმები გვაქვს საკვლევ ნივთიერებაში. ადრე, ფენოლების ფენილაცეტილენური სპირტებით ალკილირებისას ჩვენს მიერ სინთეზირებულ იქნა 60-ზე მეტი ალკილფენოლი [9-11]. ქვემოთ მოტანილია, 3-ფენილპროპინ-2-ოლ-1-ით ფენოლისა და ანიზოლის ალკილირების რეაქცია, ასევე, სპირტისა და შესაბამისი ალკილფენოლების IR-სპექტრები. მათი შედარება, ალკილირების რეაქციების ანომალურ მიმდინარეობაზე

მიუთითებს: არომატულ ბირთვში ჩაინაცვლება არა აცეტილენური სპირტის ფრაგმენტი, არამედ მისი ჰიდრატირებული ვარიანტი [11]:

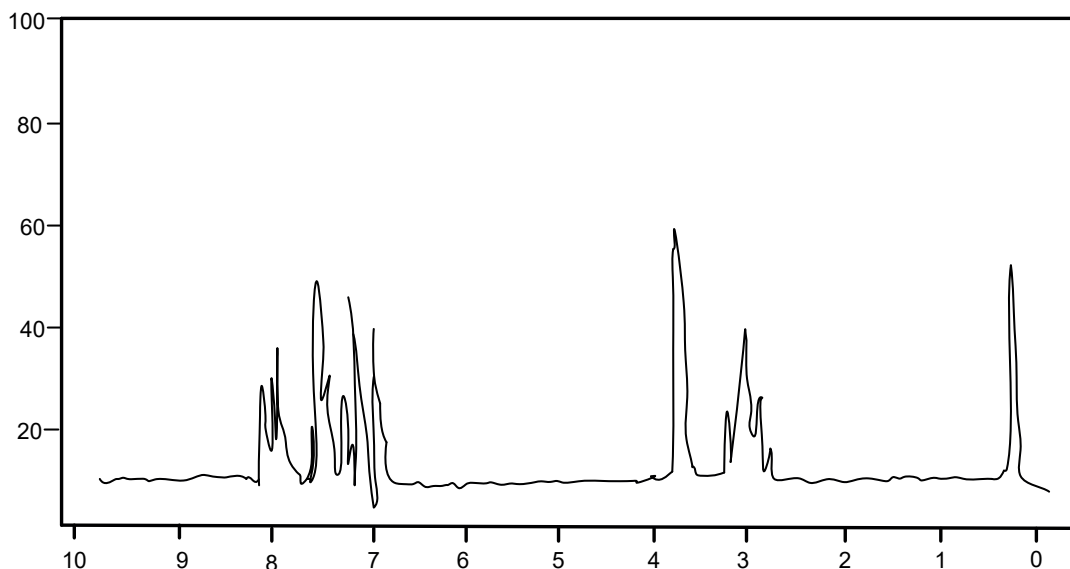


ნახ. 1. 3-ფენილპროპინ-2-ოლ-1-ისა და a და b ალკილფენოლების IR-სპექტრები

განსხვავებით ფენილაცეტილენური სპირტისაგან, a და b ნივთიერებების IR-სპექტრებში არ გვაქვს შთანთქმის ზოლები, რომლებიც შეესაბამება სამმაგი ბმის ვალენტურ რხევებს ($\gamma \text{ C}\equiv\text{C}$, 2240 cm^{-1}), სამაგიეროდ, ჩნდება ზოლები 1679 cm^{-1} , რომლებიც კარბონილის ჯგუფისთვისაა დამახასიათებელი ($\gamma \text{ C}=\text{O}$). ეს ცალსახად მიუთითებს იმაზე, რომ რეაქციის მიმდინარეობისას ხდება აცეტილენური სპირტის მოლეკულის ცვლილება (ჰიდრატაცია). გარდა ამისა, სპირტული ჰიდროქსილის შთანთქმის ფართო ზოლი $3200\text{-}3400 \text{ cm}^{-1}$ b-ნაერთში, როგორც მოსალოდნელია, საერთოდ ქრება, ხოლო a-ნაერთში სპირტულის ნაცვლად ფენოლური ჰიდროქსილი ჩნდება მინიმუმით 3400 cm^{-1} , რომლის ინტენსივობაც შემცირებულია ($\gamma \text{ OH}$).

3.2. NMR-სპექტრები. ალკილფენოლების აგებულებაზე საკმაოდ დამაჯერებელ

ინფორმაციას იძლევა ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის, ანუ NMR-სპექტრები. მაგალითად, *b*-ალკილფენოლის შემთხვევაში, სპექტრში შეიმჩნევა ორი სიმეტრიული ტრიპლეტი სპინ-სპინური ურთიერთქმედების მუდმივით 6.60, რაც ცალსახად ადასტურებს $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CO}-$ ფრაგმენტის არსებობას მოლეკულაში. გარდა ამისა, 0.00 – 6.00 დიაპაზონში (3.60) შეიმჩნევა სინგლეტი, რომელიც ამ ნაერთში შემავალ მეთოქსილის ჯგუფს შეესაბამება:



ნახ. 2. *b* ალკილფენოლის NMR-სპექტრი

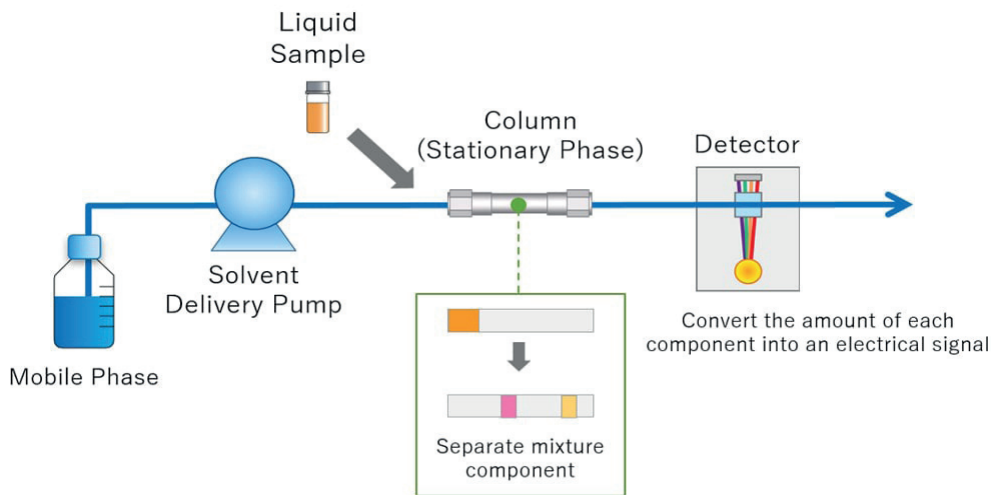
ამრიგად, IR- და NMR-სპექტრების საშუალებით, შესაძლებელია საკვლევი ნივთიერებების მოლეკულათა აგებულებაზე დამაკმაყოფილებელი ინფორმაცია იქნას მიღებული [12].

4. ქრომატოგრაფია

4.1. თხელფენოვანი, TLC-ქრომატოგრაფია. ორგანული კომპონენტების კვლევისათვის გამოიყენებენ TLC-ქრომატოგრაფიის მეთოდს: ფნ-ის მცირე რაოდენობას ხსნიან აცეტონში და დაიტანენ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე. შესაძარებლად, იქვე დაიტანენ ცნობილი ფნ-ების (ტროტილის, ტეტრილის, ტენის, ჰექსოგენის, ოქტოგენის, ნიტროგლიცერინის, ნიტროგლიკოლის) აცეტონ-ხსნარებს.

ქრომატოგრაფიის „გამჟღავნება“ ხდება KMnO_4 -ის ხსნარით ან იოდის ორთქლით. უცნობი ფნ-ის დეტექტირება ხდება მისი R_f -ისა და შეფერილობის, - ნიმუშის მონაცემებთან შედარების გზით.

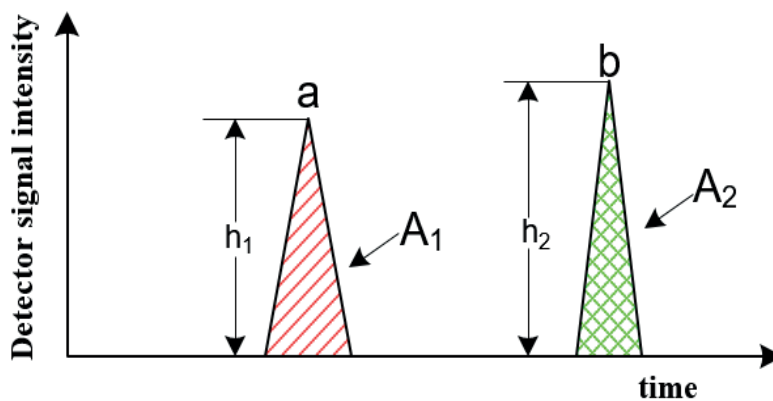
4.2. მაღალეფექტური სითხური - HPLC-ქრომატოგრაფია. HPLC - ერთ-ერთი ყველაზე თანამედროვე მეთოდია ორგანული ნაერთების, მათ შორის ფნ-ების თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზისათვის. შესაბამისი - HPLC ქრომატოგრაფი ნიმუშების ხსნარების ანალიზისათვის გამოიყენება. ნახ.3-ზე მოტანილია მისი ზოგადი სქემა[13]:



ნახ. 3. HPLC ქრომატოგრაფის ზოგადი სქემა

გამხსნელი, ანუ მოძრავი ფაზა, რომელიც ნიმუშში კომპონენტების დასაცი-
ლებლად გამოიყენება, სპეციალური ტუმბოთი მიეწოდება ადსორბციულ სვეტს
(უძრავი ფაზა) და შემდეგ, დეტექტორს. ნიმუშის გარკვეული რაოდენობა შედის სვეტში
და ხდება მასში არსებული ნივთიერებების დაყოფა, რაც დეტექტორით ფიქსირდება.
ამით ყველა ნივთიერების იდენტიფიცირება ხდება რაოდენობის დადგენასთან ერთად.
აღსანიშნავია, რომ რაც მეტია მიზიდულობა გამხსნელსა და კომპონენტს შორის მით
მეტია ამ უკანასკნელის გადაადგილება სვეტში გამხსნელთან ერთად. კომპონენტის
გადაადგილება სვეტში მით ნაკლებია, რაც მეტია მისი მიზიდულობა ადსორბენტთან.

ქრომატოგრაფირების შედეგები, პიკების სახით, ჩნდება ქრომატოგრამაზე.
იგი წარმოადგენს ორგანოზომილებიან გრაფიკს, რომელზეც ვერტიკალური ღერძი
გამოსახავს კომპონენტების კონცენტრაციებს, ხოლო ჰორიზონტალური - ანალიზის
დროს. გრაფიკზე პიკების სიმაღლისა (h) და ფართობის (A) მიხედვით, შეიძლება
მსჯელობა ნიმუშში კომპონენტების თვისებითი და რაოდენობითი შემცველობის
შესახებ (ნახ.4):



ნახ. 4 . a და b პიკები ქრომატოგრამაზე

ერთ-ერთ სამეცნიერო პუბლიკაციაში [14] აღწერილია ტროტილისა და
ჰექსოგენის რაოდენობითი განსაზღვრის მეთოდი HPLC მეთოდით.

განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ამერიკის არმიის შეიარაღების კვლევისა და განვითარების სარდლობის სპეციალური პუბლიკაცია ARLCD-SP-80007 რომელიც HPLC მეთოდით ტროტილის ქიმიურ ანალიზს ეხება[15].

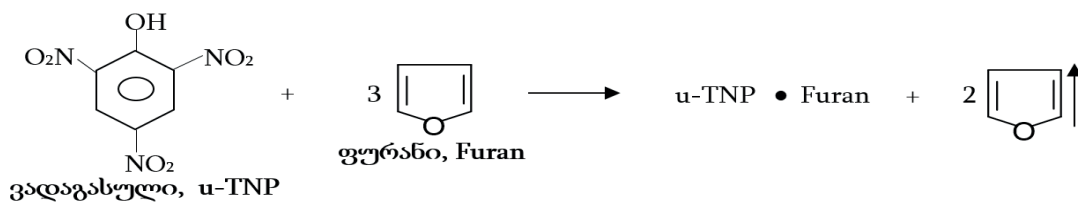
სინთეზური კომპონენტის ჩართვა ანალიზში

ზოგადად, უცნობი ნივთიერების ანალიზში სინთეზის პროცესის ჩართვა ერთ-ერთი ცნობილი და ამავე დროს, ეფექტური მეთოდია. ეს, განსაკუთრებით შეეხება უცნობი ნივთიერების მოლეკულაში ფუნქციონალური ჯგუფების არსებობის დადასტურებას. მაგალითად, ჰიდროქსილის ჯგუფის (-OH) შემცველობა ადვილად შეიძლება დადგინდეს დიმეთილსულფატით მეთილირების გზით. აღდეჰიდებისა და კეტონების რაოდენობრივი ანალიზისათვის იყენებენ მათს რეაქციებს ჰიდროქსილამინთან. ამ ნივთიერებებში არსებული კარბონილის ჯგუფი >C=O ნახსენებ რეაგენტთან წარმოქმნის ალდოქსიმებსა და კეტოქსიმებს, რომელთა აღმოჩენა საკმაოდ მარტივია...

საყოველთაოდ ცნობილია პიკრინმჟავასთან ალკალოიდების ურთიერთქმედების რეაქციები, ამ უკანასკნელთა ანალიზის მიზნით.

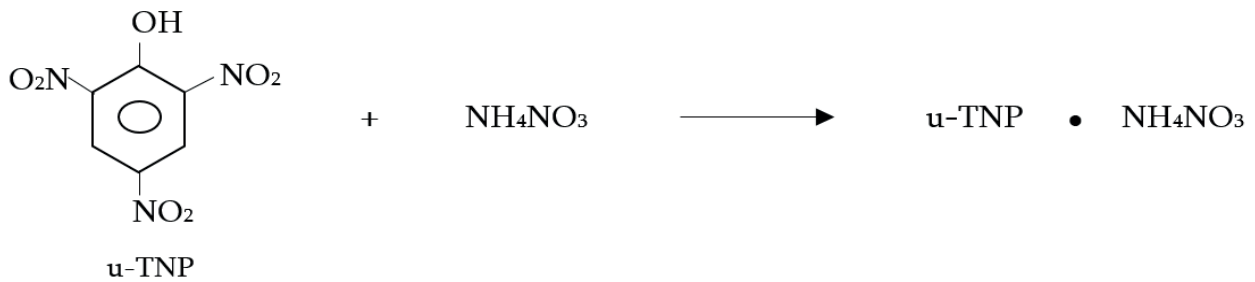
ვადაგასული ტროტილისა და სხვა ფეთქებადი PNA ნაერთების ანალიზისათვის საინტერესოდ მიგვაჩნია ამ პროცესში სხვადასხვა აგებულების CT ნაერთების სინთეზის რეაქციების ჩართვა. ნახსენები ჩართულობა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი „მინი-პროექტის“ სახით:

არასუფთაანვადგასული PNA ნაერთები, როგორცწესი, გარკვეული რაოდენობის მინარევებს შეიცავენ. მათგან, CT ნაერთების სინთეზის დროს, კონკრეტულად, u-TNP-თან რეაქციაში, ელექტრონოდონორულ კომპონენტად გამოყენებული იქნება ადვილადაქროლადი ფურანი ($t_{დუღ} = +32^{\circ}C$), რომელიც რეაქციაში ჭარბი რაოდენობით იქნება შეყვანილი:



რეაქციის ბოლოს, ზედმეტი ფურანის აორთქლების შემდეგ, მიღებული იქნება CT ნაერთი, რომელშიც მთელი u-TNP შეკავშირებული იქნება ფურანთან, 1:1 პროპორციით. ასე მიღებულ CT ნაერთში გაზნეული იქნება ნიმუშში არსებული მინარევიც. უკანასკნელის მოცილება შესაძლებელი იქნება გამოკრისტალებით, გადაკრისტალებით, ან სხვა მეთოდით.

გარდა ამისა, შესაძლებელია ელექტრონოდონორულ კომპონენტად რომელიმე მინერალური მარილის, მაგალითად, ამონიუმის ნიტრატის გამოყენება, ასევე ჭარბი რაოდენობით:



რეაქციის შემდეგ, ნიტრატის ზედმეტი რაოდენობის მოცილებით, წყალში გახსნის გზით, მივიღებთ ზემოთ განხილულის მსგავს შედეგს.

ამის შემდეგ, რაოდენობრივი გამოთვლები, რომლებიც PNA ნაერთის პროცენტულ შემცველობას მოგვცემს, ადვილი იქნება.

ამრიგად, სტატიაში აღწერილია ქიმიური ანალიზის როგორც ძირითადი - ინსტრუმენტული, აგრეთვე მარტივი, სინჯარული, „ფერადი“ მეთოდები. მოკლედაა განხილული, სინთეზური კომპონენტის მონაწილეობის მნიშვნელობა, რომელიც, ისტორიულად, ანალიზის ერთ-ერთ ცნობილ და ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს.

ლიტერატურა

1. Astakhov A.M., Stepanov R.S. and Babushkin A.Yu. On the detonation parameters of octanitrocubane, *Combustion, Explosion and Shock Waves*, Vol. 34, p. 85-87(1998).
2. Nair U.R., Sivabalan R., etc., Hexanitrohexaazaisowurzitane (CL-20), CL-20 based formulations (review), *Combustion, Explosion and Shock Waves*, Vol. 41, p. 121, 2005.
3. ი.კ. იურევი. პრაქტიკული სამუშაოები ორგანულ ქიმიაში. თსუ, გამომცემლობა, თბილისი, 1969. გვ. 509-510.
4. Chikharadze N., Nadirashvili M., Iashvili T., Gigineishvili A., Beinashvili G.. The improvement of picric acid synthesis methodology, 7th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2021), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 906 (2021) 012132, Prague (Czech Republic). 2021.
5. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Кн.1, Изд., Химия, Москва, 1976. 480 с.
6. Алексеев В.Н. Качественный анализ, Госхимиздат, Москва, 1953. 478 с.
7. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии, Кн. I, изд. Химия, Москва, 1969. с. 46-54.
8. Бранд Дж., Эглинтон Г. Применение спектроскопии в органической химии, изд. Мир, Москва, 1967. 280 с.
9. Кахниашвили А.И., Иорамашвили Д.Ш., Надирашвили М.Д. Взаимодействие фенола, анизола и м-крезола с 1-фенил-3-метилбутин-1-олом-3 в присутствии фосфорной кислоты. *Сообщ. АН ГССР*, 82, 85, 1976.
10. Nadirashvili M.D. Synthesis of silicon – containing alkenyl phenols, Ninth International Conference on Organometallic Chemistry, Abstracts of Papers, DIJON, FRANCE – September 3-7, A 61. 1979.
11. Иорамашвили Д.Ш., Кахниашвили А.И., Надирашвили М.Д. Взаимодействие 3-фенил-2-пропин-1-ола с фенолами, *ЖОрХ* 13, 804, 1978.

12. Надирашвили М. Взаимодействие спиртов фенилацетиленового ряда с фенолами, Диссертация на соискание ученой степени кандидата хим. наук, Тбилиси, 1978.
13. What is HPLC (High Performance Liquid Chromatography)?
https://www.shimadzu.com/an/service-support/technical-support/analysis-basics/basic/what_is_hplc.html
14. Роботько В.А., Буллер М.Ф., Ярманова С.П. Методика определения содержания тротила и гексогена в смесевых бризантных взрывчатых веществах, V Международная научно-практическая конференция, Химическая Технология: Наука, Экономика и Производство, Шостка, 2021. с. 152-155.
15. “Analytical Chemistry of 2, 4, 6-Trinitrotoluene”, THOMAS C. CASTORINA, 1980, p.7
<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA092348.pdf>

NADIRASHVILI MERAB, ABESADZE NINO, GUDUSHAURI NINO

BASIC METHODS OF CHEMICAL ANALYSIS OF EXPLOSIVES AND THEIR SIGNIFICANCE

ANNOTATION. The importance of explosives is invaluable not only in war, but also in peacetime - in the mining industry, during the arrangement of infrastructure, etc. Practical use of explosives raises the need for their chemical analysis: Determining the structure of a newly synthesized explosive, or other type of substance, is impossible without analysis. The same can be said about the research and utilization of expired explosives. In general, analysis is one of the most important areas of chemistry, the scope of which often goes beyond the boundaries of chemistry and reaches such areas as mineralogy, pharmacy, criminalistics, military affairs. The article of a predominantly review nature discusses the importance of chemical analysis in relation to explosive substances, provides a brief characterization of analysis methods, prospects for creating new methods.

KEYWORDS: explosives; chemical analysis; PNA compounds; CT compounds; synthesis; spectroscopy; chromatography.

თამარ იაშვილი, გიორგი ბეინაშვილი

ამონიუმის ნიტრატის ბაზაზე წყალგამძლე ფეთქებადი ნარევის დამზადების შესაძლებლობის კვლევა

ანოტაცია. სამრეწველო დანიშნულების ფეთქებადი ნივთიერებების დამზადებისა და გამოყენების უსაფრთხო ტექნოლოგიის შექმნა აქტუალურია როგორც სამეცნიერო, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით. ამ მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად საჭიროა ჩატარდეს კვლევები ახალი ფეთქებადი ნივთიერებების კომპონენტების სწორი და კვალიფიციური შერჩევის მიზნით. კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენდა ამონიუმის ნიტრატის, დენტისა და პარაფინის ნარევის გამოცდა აფეთქებით უნარზე.

საკვანძო სიტყვები: ამონიუმის ნიტრატი, დენტი, პარაფინი, აფეთქება, წყალგამძლე ნაერთი.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის, პოლიმერული კომპოზიტების და მაღალტექნოლოგიური მასალების ლაბორატორიის ხელმძღვანელი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ს. კვინიკაძე.

როგორც ცნობილია, ფეთქებადი ნივთიერებები გამოიყენება ორი ძირითადი მიმართულებით: თავდაცვა/სამხედრო მრეწველობა და სამოქალაქო სფერო (ინფრასტრუქტურის მშენებლობა, სამთო მრეწველობა/წიაღისეულის მოპოვება). ასეთი მოთხოვნებიდან გამომდინარე, სამეცნიერო კვლევები ახალი ფეთქებადი (ენერგეტიკული) ნივთიერებების შექმნისა და წარმოების ტექნოლოგიების სრულყოფის მიმართულებით უწყვეტად და ინტენსიურად მიმდინარეობს მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში. კვლევების ძირითად სამიზნე პარამეტრებს წარმოადგენს: ენერგეტიკული მახასიათებლების გაუმჯობესება, ქიმიური სტაბილურობის გაზრდა, თვითღირებულების შემცირება, წარმოების, შენახვის, ტრანსპორტირებისა და მოხმარებისას უსაფრთხოების ამაღლება და გამოყენებისას გარემოზე მავნე ზემოქმედების შემცირება. ეს პრობლემები ეხება საქართველოსაც, სადაც ფეთქებადი ნივთიერებების მოხმარება მზარდი ტემპებით ხასიათდება. ამჟამად, საქართველოში მხოლოდ ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებები იწარმოება, წარმოების მოთხოვნა მათზე კი დღითიდღე იზრდება. შესაბამისად, ფეთქებადი ნივთიერებების ძირითადი ნაწილი იმპორტირებულია, ამიტომ მათი ფასები საკმაოდ მაღალია, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის აფეთქების ტექნოლოგიით წარმოებული პროდუქციის თვითღირებულებას. განსაკუთრებით ეს ეხება სამთო წარმოების განვითარებას, რომელიც ქვეყნის ეკონომიკის ერთერთ მნიშვნელოვან საყრდენს წარმოადგენს.

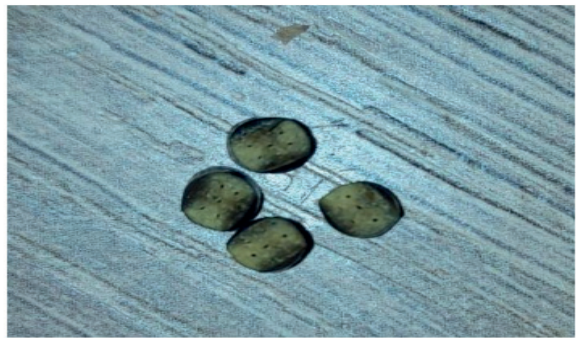
ამონიუმის ნიტრატი, (NH_4NO_3) წარმოადგენს ჭარბი ჟანგბადის შემცველ

ნაერთს, რომელსაც იყენებენ თითქმის ყველა სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერების დამზადების დროს. იგი მიიღება ამიაკისა და აზოტმჟავას ურთიერთქმედების შედეგად:



ამონიუმის ნიტრატი არის თეთრი ფერის ფხვნილი, მისი კრისტალების ხვედრითი წონა 1.56-1.4, ხოლო ფხვნილის სიმკვრივე შეადგენს 0.85-1.0 გ/სმ³. იგი წყალში ადვილად იხსნება და ამ დროს შთანთქავს სითბოს დიდ რაოდენობას. ამონიუმის ნიტრატი თავისთავად წარმოადგენს სუსტ ფეთქებად ნივთიერებას. მისი დეტონაციისათვის საჭიროა მძლავრი საწყისი იმპულსი. სერიული წარმოების კაფსულ-დეტონატორი მას ვერ აფეთქებს და ამ მიზნით საჭირო ხდება რომელიმე დიდი სიმძლავრის მქონე ნივთიერების გამოყენება შუალედ დეტონატორად. მისი აფეთქებით გარდაქმნის სიჩქარე დაახლოებით 2000 მ/წმ-ია, მუშაუნარიანობა ტრაუცლის სინჯით შეადგენს (165-230) სმ³, ბრიზანტულობა ჰესის სინჯით (1.5-2.0) მმ, აფეთქების სითბო - 350 კკალ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა -1950⁰ C.

ჟანგბადის ჭარბი რაოდენობის გამო ამონიუმის ნიტრატმა უმთავრესი გამოყენება ჰპოვა, როგორც დამჟანგავმა ფეთქებადი ნარევების დამზადებისას [1]. ამონიუმის ნიტრატის მნიშვნელოვანი უარყოფითი თვისება, როგორც კომპონენტისა ფეთქებადი ნარევების დასამზადებლად, წარმოადგენს მაღალი ჰიგროსკოპულობა და ტკეპნადობა (კომტვადობა). დატენიანებისა და კომტვებად შეკვრის შედეგად ამონიუმის ნიტრატი იძლევა არასრულ დეტონაციას და დიდი რაოდენობით გამოყოფს ტოქსიკურ აირებს, მნიშვნელოვანი დატენიანების დროს დეტონაცია საერთოდ არ მიიღება. კომტვადობის თავიდან ასაცილებლად ამონიუმის ნიტრატს ამზადებენ შედარებით მსხვილი გრანულების (მარცვლების) სახით (d=1-3 მმ), რომელიც მაღალი სიმტკიცით ხასიათდება. ამავე მიზნით მის შემადგენლობაში შეჰყავთ სპეციალური დანამატები. ამონიუმის ნიტრატი ადვილად იტანს დარტყმას, ხახუნს და სხვა მექანიკურ ზემოქმედებას. ამიტომ ამონიუმის ნიტრატს ხანგრძლივი დროის მანძილზე ფეთქებად ნივთიერებად არ აღიარებდნენ და დაკომტვის შემთხვევაში აფხვიერებდნენ მცირე მუხტების აფეთქებით. ამონიუმის გვარჯილაში თხევადი საწვავი მასალის გარევა (მაზუთი, სოლარის ზეთი და სხვა) მკვეთრად ზრდის მის ფეთქებად თვისებებს. ამ გზით იღებენ სხვადასხვა სახის იაფფასიან სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებს (მაგალითად ANFO).



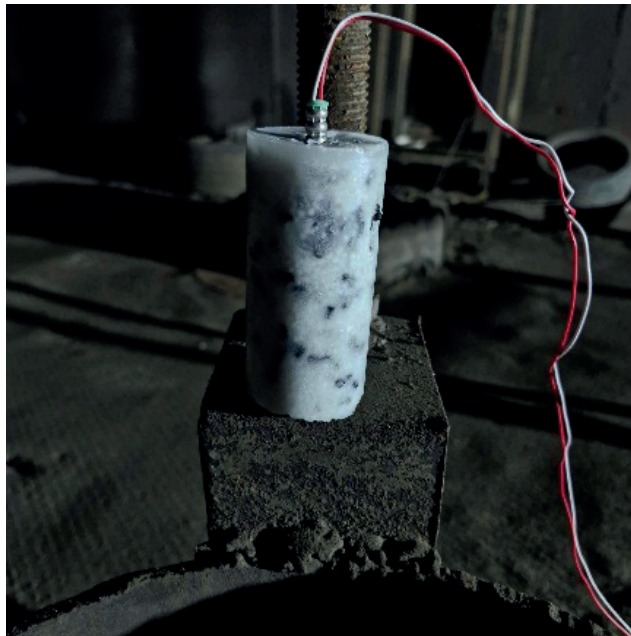
ნახ. 1. გრაფიტიზირებული დენთი (ა) და მისი ნატები (ბ)

კვლევების შედეგად ამონიუმის ნიტრატისა და უტილიზირებული დენტებისაგან შექმნილია და წარმატებითაა გამოცდილი სამრეწველო გამოყენებისთვის ვარგისი ფეთქებადი ნარევები ნულოვანი ჟანგბადის ბალანსით. [2]

მექანიკურ ფხვნილოვან ნარევებს დამზადებისა და გამოყენების თვალსაზრისით გააჩნიათ რიგი ნაკლოვანებები, რაც დაკავშირებულია ჰომოგენურობასთან, განშრეებასთან, ჰიგროსკოპულობასთან და ა.შ.

ლიტერატურაში ცნობილია, რომ ამონიუმის ნიტრატზე წყალგამძლე თვისების მისანიჭებლად დამზადებულია მისი ნარევი პარაფინთან [3].

არსებული ლიტერატურის მიმოხილვის საფუძველზე მიჩნეულ იქნა ამონიუმის ნიტრატის, უტილიზირებული გრაფიტიზირებული დენტისა და პარაფინისაგან წყალგამძლე ფეთქებადი ნაერთის დამზადება. აღებულ იქნა ამონიუმის ნიტრატი და გრაფიტიზირებული დენტი 7:3 თანაფარდობით, რომლებიც შერეულ იქნა გამლღვალ პარაფინში და მოთავსებულ იქნა ყალიბში. გამყარების შემდეგ გამოცდილ იქნა ფეთქებად უნარზე.



ნახ. 2. ნარევი ამონიუმის ნიტრატის ბაზაზე

შედეგების შეფასება განხორციელდა ექსპერიმენტის შემდეგ, სასაგნე მაგიდის ვიზუალური დათვალიერებით და გამოსაცდელი ნივთიერების (არასრული დეტონირების შემთხვევაში) კვალის აღმოჩენისთვის ჩატარებული მოკვლევით. ყურადღება მიექცა, აგრეთვე, აფეთქებით ქიმიური გარდაქმნისას წარმოქმნილი აკუსტიკური ეფექტის იდენტიფიკაციას, მის გამორჩევას განმხოლოებული დეტონატორის აფეთქებით წარმოქმნილი აკუსტიკური სიგნალისგან.

პირველადმა ექსპერიმენტებმა დაადასტურა მიღებული ნარევის სრული აფეთქებითი გარდაქმნის უნარი. გამოცდისას გენერირებული აკუსტიკური სიგნალის ინტენსივობა მნიშვნელოვნად სჭარბობდა ცალკე აფეთქებული დეტონატორის სიგნალს, თუმცა მისი ინსტრუმენტული დასაბუთება არ განხორციელებულა.

ლიტერატურა

1. Negovanovich M., Krychak L. Milanovich S. Jokic N. Simich N. Ammonium nitrate explosion hazards. Underground mining engineering, 2015, pp. 49-63.
2. Khomeriki S., Chikhradze N., Khomeriki D., Khvedelidze S. Assesment of detonation ability of explosives prepared from utilized ammunition. 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference, SGEM 2017.
3. Kuzmin V., Kozak G., Mikheev D. Detonability of Ammonium Nitrate and Mixtures on Its Base. Central European Journal of Energetic Materials, ISSN 1733-7178, 2010, pp 335-343.

IASHVILI TAMAR, BEINASHVILI GIORGI

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF MAKING A WATER-RESISTANT EXPLOSIVE MIXTURE BASED ON AMMONIUM NITRATE

ANNOTATION. The creation of a safe technology for the production and use of industrial explosives is relevant both from a scientific and practical point of view. In order to meet these requirements, it is necessary to carry out studies for the correct and qualified selection of components of new explosives. The main purpose of the research was to test the explosive ability of the mixture of ammonium nitrate, gunpowder and paraffin.

KEYWORDS: ammonium nitrate; gunpowder; paraffin; explosive; waterproof mixture.

თეიმურაზ ფირცხალავა

მიწისქვეშა ავტოსადგომების კვამლისაგან დაცვა ხანძრის დროს

ანოტაცია. ნაშრომში გაანალიზებულია მიწისქვეშა ავტოსადგომების სავენტილაციო სისტემების დაპროექტებისას გადასაჭრელი სახანძრო, სანიტარულ-ჰიგიენური და ეკოლოგიური უსაფრთხოების მოთხოვნების დაცვის აქტუალური საკითხები. დადგენილია, რომ ევროპული სტანდარტების მიხედვით, კვამლის არინების სისტემები ჭავლური ვენტილატორების გამოყენებით მოქმედებენ ბევრად უფრო ეფექტურად, ვიდრე ჰაერსატარები. ჭავლური ვენტილატორები სწრაფად გამოაძევენ კვამლს და გამონაბოლქვ აირებს ავტოსადგომის ჰაერმიმღებ გისოსებისაკენ, საიდანაც ისინი გაიტყორცნებიან ღია ატმოსფეროში. სავენტილაციო სისტემის დიზაინი და პარამეტრები შეირჩევა მისი უნარის საფუძველზე, სწრაფად და უსაფრთხოდ უზრუნველყოს ადამიანების ევაკუაცია უკვამლო გასასვლელებით, ასევე უზრუნველყოს ავტოსადგომზე ჰაერის პარამეტრების მნიშვნელობები, რომლებიც აკმაყოფილებენ ვენტილაციის დიზაინისა და მონტაჟის მოთხოვნებს საქართველოს სამრეწველო რეგლამენტების შესაბამისად.

საკვანძო სიტყვები: მიწისქვეშა ავტოსადგომი; დაპროექტება; ვენტილაცია; ხანძარი; კვამლისაგან დაცვა; ევროპული სტანდარტები; საქართველოს სამრეწველო რეგლამენტები.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ჰიბრიდული კომპოზიტების კვლევის ლაბორატორიის მთ. მეცნ. თან., ფიზიკა-მათემატიკის მეცნ. დოქტორი, ე. ჩაგელიშვილი.

შესავალი

ამჟამად თბილისის ცენტრალურ ნაწილში ავტომანქანების მოზღვავებულმა ნაკადმა ტროტუარებზე, საბავშვო მოედნებსა და დასვენებისათვის განკუთვნილ ზონებში შეაღწია. შექმნილი მძიმე სიტუაცია რეგულირებას ექვემდებარება. მრავალსართულიანი მიწისქვეშა ავტოსადგომები არსებული ქუჩების სტრუქტურის მოდერნიზაციის გარეშეც გააუმჯობესებენ ქალაქის ბირთვის ეკოლოგიურ მდგომარეობას, გამოირიცხავენ სატრანსპორტო ქსელის გადატვირთვას და მის პარალიზებას პიკის საათებში [1].

მიწისქვეშა ავტოსადგომზე მუდამ იმყოფებიან ავტომობილები ჩართული ძრავით, რის გამოც ისინი აღჭურვილი არიან სათანადო სავენტილაციო სისტემებით. მუდმივად არსებობს ხანძრის აღმოცენების მაღალი რისკი, რის გამოც ავტოსადგომს უნდა გააჩნდეს დამატებით კვამლსაწინააღმდეგ ვენტილაცია წვის პროდუქტების შენობა-ნაგებობიდან გამოსადეგნად ხანძარუსაფრთხოების ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად [2, 3, 4]. ევროპული ქვეყნების ნორმების თანახმად

მიწისქვეშა ავტოსადგომების სავენტილაციო სისტემებმა უნდა უზრუნველყონ მავნე ნივთიერებების განზავება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციამდე ჩვეულებრივ რეჟიმში და ეფექტური კვამლის არინება ხანძრის დროს. ავტოსადგომის სავენტილაციო სისტემა უნდა შედგებოდეს სამი ნაწილისაგან: მომდენ-გამწოვი ვენტილაცია; კვამლსაწინალო ვენტილაცია; ჭავლური ვენტილაცია [5-11].

თბილისში მიწისქვეშა ავტოსადგომის დაპროექტებისას ხელმძღვანელობენ კანონების, ნორმების, წესების და სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად, რომლებიც მოქმედებენ საქართველოს ტერიტორიაზე [12-17]. ავტოსადგომის ექსპლუატაციის პროცესში, როგორც წესი, დაპროექტების სტადიაზე გათვალისწინებული გარემოებების გამო, მოსალოდნელია ატმოსფერულ ჰაერში მომუშავე ავტომობილებიდან მავნე ნივთიერებების ემისიამ მნიშვნელოვნად გადააჭარბოს გაანგარიშებულს. მაგალითად, კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების სრული ემისია დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმზე, გადაადგილების სიჩქარეზე, გარბენზე (ცვეთის ხარისხზე), ავტომობილის მასაზე, საწვავის ხარისხზე, ტემპერატურულ რეჟიმზე და სხვ. [18-22].

ძირითადი ნაწილი

ავტოსადგომის სავენტილაციო სისტემა უნდა შედგებოდეს სამი ნაწილიდან: მომდენ-გამწოვი ვენტილაცია; კვამლსაწინალო ვენტილაცია; ჭავლური ვენტილაცია. მომდენ-გამწოვი ვენტილაცია პასუხისმგებელია სუფთა ატმოსფერული ჰაერის მოწოდებაზე და დაბინძირებული ჰაერის გაწოვაზე ნაგებობიდან. თავის მხრივ ის შედგება ორი სისტემისაგან: გამწოვი ვენტილაცია და მომდენი ვენტილაცია. ხანძრის წარმოქმნისას მომდენ-გამწოვი ვენტილაცია უნდა გამოირთოს [23].

კვამლსაწინალო სავენტილაციო სისტემაში შედის გამწოვი ვენტილაცია კვამლსაწოვი ვენტილატორებით და მომდენი ვენტილაცია შემწოვი ვენტილატორებით. კვამლსაწინალო სავენტილაციო სისტემაში შემავალი ყველა ვენტილატორი უნდა მუშაობდნენ უავარიოდ 2 საათის განმავლობაში ნაგებობაში 400 °C-ით ტემპერატურის პირობებში. გამწოვი ვენტილაცია უნდა ჩაირთოს წინსწრებით, მომდენ ვენტილაცია კი მოგვიანებით. ავტოსადგომში წვის პროდუქტების ხარჯი, რომელიც გაიწოვება კვამლსაწინალო ვენტილაციით გაიანგარიშება კუთრი სახანძრო დატვირთვის, წვის პროდუქტების ტემპერატურის და ობიექტის მოცულობის გათვალისწინებით [24].

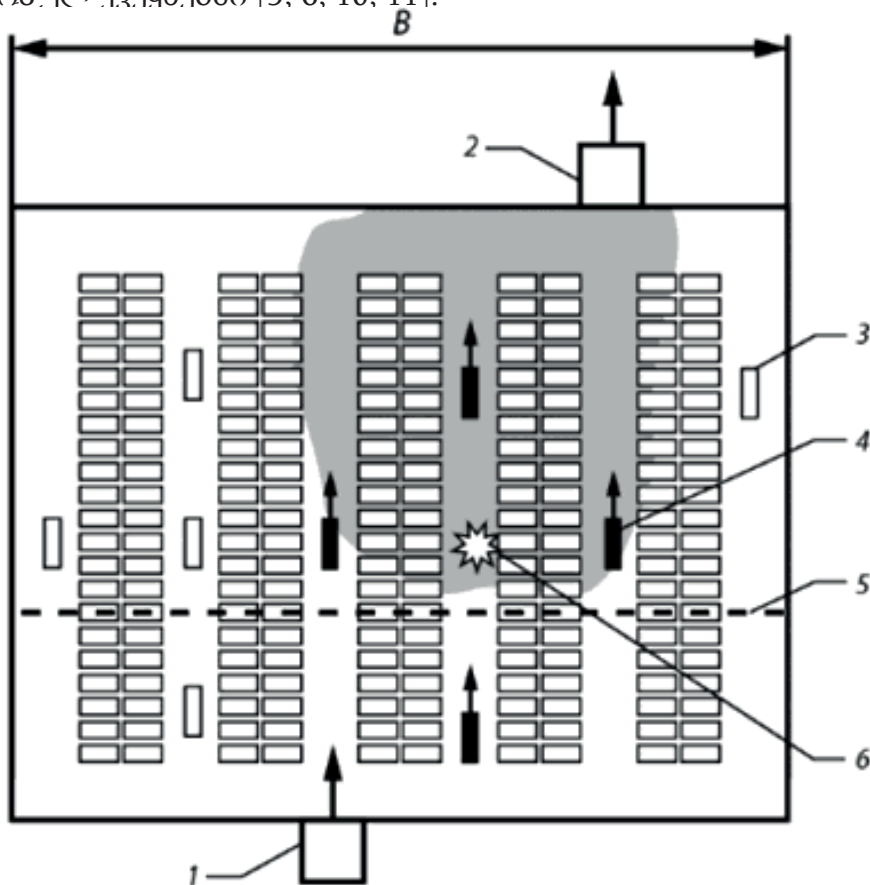
ცხრილი 1

ხანძრის კერის პარამეტრების შერჩევა ავტოსადგომის დაპროექტებისას [6, 8, 9, 10]

ხანძრის კერის პარამეტრები	ხანძარსაქრობი ავტომატური სისტემა	
	არის	არ არის
ხანძრის კერის გაბარიტები, მ	2 x 5	5 x 5
U_f - ხანძრის კერის პერიმეტრი, მ	14	20
Q_n - ხანძრის კერის სითბური სიმძლავრე, მვტ	4,0 (ერთი ავტომობილი)	8,0 (ორი ავტომობილი)

კვამლსაწინალო სისტემების მართვა უნდა განხორციელდეს ხანძარსაქრობი ავტომატური დანადგარით, დისტანციურად - ხანძარსაქრობი სისტემების ცენტრალური მართვის პულტიდან, აგრეთვე ხელითგამშვები მექანიკური მოწყობილობიდან, რომელიც დადგმულია ავტოსადგომის თითოეული სართულის შესასვლელში, სართულის კიბის მოედნებზე (სახანძრო ონკანის კარადებში) [25].

მიწისქვეშა ავტოსადგომების საპროექტო გადაწყვეტილებების შერჩევას (ცხრ. 1) მთავარ პრიორიტეტს წარმოადგენს უსართხოების საკითხები, როგორც ავარიულ სიტუაციებში ისე ჩვეულებრივი საექსპლუატაციო რეჟიმის პირობებში. რეაქტიული სავენტილაციო სისტემა თანამედროვე მიწისქვეშა ავტოსადგომების უსაფრთხოების თვალსაზრისით მიიჩნევა ყველაზე ოპტიმალურად [26]. უსაფრთხოების საკითხების პრიორიტეტი წარმოადგენს მთავარ არგუმენტს ავტოსადგომების სავენტილაციო სისტემის სახის შერჩევას გერმანიაში [7, 8, 9] და სხვა ევროპულ ქვეყნებში [5, 6, 10, 11].

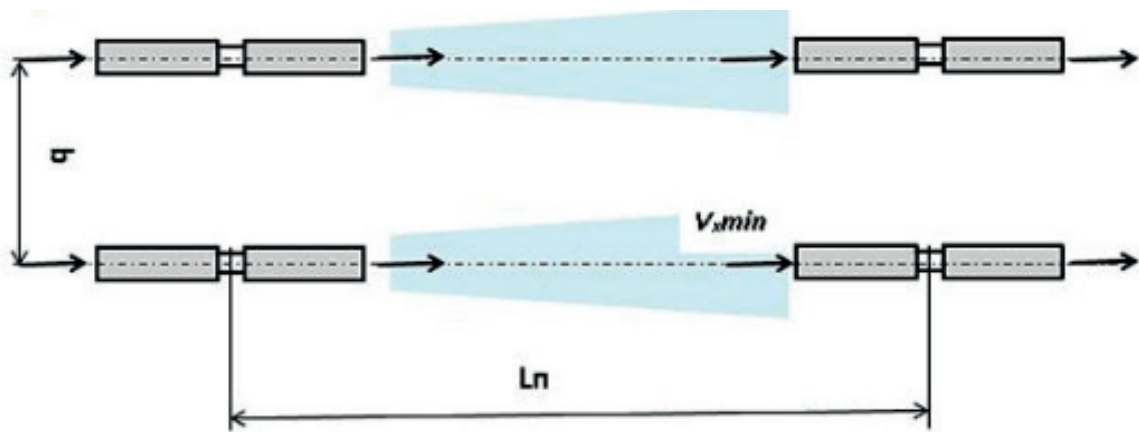


ნახ. 1. მიწისქვეშა ავტოსადგომის გრძივი კვამლსაწინალო ჭავლური ვენტილაციის მუშაობის სქემა: 1 - მომდენი კვამლსაწინალო ვენტილაციის სისტემა; 2 - გამწოვი კვამლსაწინალო ვენტილაციის სისტემა; 3 - გამორთული რეაქტიული (ჭავლური) ვენტილატორი; 4 - ჩართული ჭავლური ვენტილატორი; 5 - უკვამლო ზონის საზღვარი; 6 - ხანძრის კერა

რეაქტიული (ჭავლური) ვენტილაციის უპირატესობების რეალიზაცია მოითხოვს რეაქტიული ვენტილატორების მახასიათებლების სწორ შერჩევას და მათი რაციონალურ განლაგებას ავტოსადგომის ტერიტორიაზე. რეაქტიული ვენტილატორები უზრუნველყოფენ ავტოსადგომში, შექმნილი სიტუაციის შესაბამისად, ჰაერის ნაკადების გადანაწილებას, მაგალითად, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. რეაქტიული ვენტილატორი ექვევითი ეფექტით, უზრუნველყოფს

მთლიანად ავტოსადგომის ნაგებობაში მყოფი ჰაერის მოძრაობაში მოყვანას, რომლის მოცულობა შეიძლება 10...15-ჯერ აღემატებოდეს საკუთრივ ვენტილატორის ჰაერის ნომინალურ ხარჯს.

რეაქტიული ვენტილატორების როაოდენობა, რომელიც საჭიროა ავტოსადგომის ვენტილაციისათვის განისაზღვრება ჰაერის ნაკადის შორსქმედებით და მათ მიერ გასანიავებელი ფართით. ჰაერის ნაკადის ღერძული სისწრაფის მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს დაახლოებით $v_{x\min} \approx 1$ მ/წმ მაქსიმალური სიმძლავრის რეჟიმში. ეს შეზღუდვა შესაძლებელს ხდის ჭავლური სავენტილაციო სისტემის შექმნისა (ნახ. 2) [26].

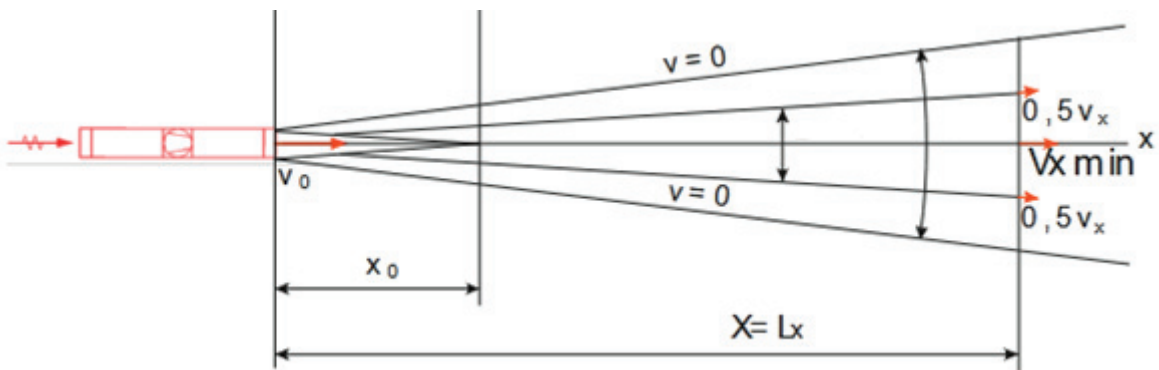


ნახ. 2. რეაქტიული (ჭავლური) ვენტილატორების თანაღერძული განლაგების სქემა

რეაქტიული ვენტილატორის თეორიული წევა F_f დანაკარგების გაუთვალისწინებლად, შეადგენს:

$$F_f = M_0 \cdot v_0 = A_0 \cdot \rho_0 \cdot v_0^2 \quad (1)$$

სადაც M_0 არის ჰაერის მასური სიჩქარე ვენტილატორის გამოსავალ კვეთში, კგ/წმ; v_0 - ჰაერის საშუალო სიჩქარე ვენტილატორის გამოსავალ კვეთში, მ/წმ; A_0 - ვენტილატორის გამოსავალი მილაკის კვეთის ფართი, მ²; ρ_0 - ჰაერის სიმკვრივე, კგ/მ³.



ნახ. 3. რეაქტიული (ჭავლური) ვენტილატორის მიერ შექმნილი ღერძსიმეტრიული თავისუფალი ჰაერის ნაკადის სქემა

რეაქტიული ვენტილატორის ნომინალური წნევა F_n არ უნდა აჭარბებდეს 60 ნ-ს [24]. ჭავლური ვენტილატორის შორსქმედების მანძილის L_n განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ჰაერის ნაკადის მინიმალური სიჩქარე $v_{x\min}$ (ნახ. 3), რომელიც საჭიროა ავტოსადგომის გასანიავებლად. X - ღერძზე გადაზომილი მანძილი იანგარიშება ფორმულით:

$$L_n = v_0 \cdot k_w \sqrt{A_0 / v_{x\min}} \quad (2)$$

სადაც k_w არის თავისუფალი, ღერძსიმეტრიული, სუსტად იზოთერმული ჰაერის ნაკადის სიჩქარის ცვალებადობის კოეფიციენტი ($k_w = 6 \dots 7$).

დასკვნები

1. მიწისქვეშა ავტოსადგომის დაპროექტებისას გადაწყვეტილი უნდა იქნეს შემდეგი ამოცანები: ნაგებობის შიგნით ჰაერის ნორმატიული პარამეტრების უზრუნველყოფა; ხანძარ და აფეთქებაუსაფრთხოების უზრუნველყოფა; ღონისძიებების გატარება, რომლებიც მიმართულია გარემოს დაცვაზე;

2. მიწისქვეშა ავტოსადგომების სავენტილაციო სისტემები ასრულებენ შემდეგ ძირითად ფუნქციებს: უზრუნველყოფენ მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციებს ზღვრულად დასაშვებ დონეზე; გამორიცხავენ ადვილად აალებადი აირების აფეთქებადსაშიში კონცენტრაციების წარმოქმნას;

3. მიწისქვეშა ავტოსადგომში უნდა დაპროექტდეს სახანძრო ავტომატიკის სისტემები, მათ შორის სახანძრო ჩამქრობი სისტემები, ევაკუაციის მაცნე და მართვის სისტემები, კვამლის არინების სისტემა, ავარიული ვენტილაციის სისტემა;

4. მიწისქვეშა ავტოსადგომზე ხანძრის გაჩენის შემთხვევაში ჩვეულებრივი კვამლის მავნე მინარევების ინგრედიენტებს ემატება ავტომობილის წვის შედეგად წარმოქმნილი სხვა მრავალი ტოქსიკური ნივთიერება (მაგალითად ფტორი, მარილმჟავა და სხვ.);

5. კვამლის არინების ვენტილატორების მწარმოებლურობა არის უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი ადამიანის მიწისქვეშა ავტოსადგომის ნაგებობაში უსაფრთხო ყოფნის უზრუნველსაყოფად;

6. ვენტილაციის და კვამლსაწინააღმდეგო რეაგირების სისტემები, უპირველესყოვლისა მიმართულია, არა აალების წყაროს ჩაქრობაზე, არამედ ადამიანების უსაფრთხო და სწრაფი ევაკუაციის ორგანიზაციის განხორციელების შესაძლებლობაზე;

7. სამშენებლო ხარჯების შესამცირებლად და უფრო იაფი მოწყობილობის გამოყენების მიზნით კვამლსაწინააღმდეგო ვენტილაციისათვის ფართოდ გამოიყენებენ რეაქტიულ (ჭავლურ) ვენტილატორებს. ასეთი სისტემები გაცილებით უფრო ეფექტურია ვიდრე ჰაერსატარები, სწრაფად გამოდევნიან კვამლს და გამონაბოლქვ აირებს ჰაერმიმღები ცხაურებისაკენ, საიდანაც გამოიტყორცნებიან ღია ატმოსფეროში.

ლიტერატურა

1. თ. ფირცხალავა. მრავალდონიანი მიწისქვეშა ავტოსადგომების ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებების ემისიის გაანგარიშება. სამთო ჟურნალი, #1(46), თბილისი, 2023. გვ. 109-113.
2. Вакилова Д.Л., Аксенов С.Г. Обеспечение пожарной безопасностью закрытых паркингов. «Инновационные научные исследования», №. 1 (12), Уфа, 2021. с. 41-43.
3. Садовская Т. И. Подземные автостоянки. АВОК. Вентиляция и противодымная защита при пожаре, № 5, Санкт-Петербург, 2006. с. 18–23.
4. Садохина Н.А. К вопросу о канальной и струйной системе вентиляции подземных автостоянок. «Современные научные исследования и инновации», 2019. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2019/04/89096>
5. Wojciech Vengzhinsky, Grzegorz Krajewski. Systemy wentylacji pożarowej garaże. Projektowanie, ocena, akceptacja / Systemy wentylacji pożarowej garaży. Projektowanie, ocena, odbior. Wytyczne // Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa, 2015. ISBN 987 -83 -249 -6792 - 6.
6. BS 7346–7:2013. Components for smoke and heat control systems Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks.
7. Виссник Й., Вогет К. Вентиляция в подземных гаражах. Опыт Германии. Мир строительства и недвижимости, № 43, Санкт-Петербург, 2012. с. 58-60.
8. NEN 6098:2010 Rookbcheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages.
9. NBN S 21–208–2 Brandbeveiliging in gcbouwen Ontwerp van rook — en warmteafvoersystemen (RWA) van gesloten parkeergebouwen.
10. BS 7346–7:2006 Components for smoke and heat control systems — Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smock and heat control systems for covered car park.
11. Karimkhodjaev N. Dependence of Reliability of Operation and Environmental Safety of Automotive Engines on Fuel Quality. « International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology», Vol. 7, Issue 10, 2020. P. 15201–15205.
12. „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონში ცვლილების შეტანის თაობაზე. თბილისი, 16 ივნისი 2023 წ., N3279-XIმს-Xმპ. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/5827654?publication=0>
13. საქართველოს კანონი “გარემოსდაცვითი შეფასების კოდექსი”. # 890-III, 01/06/2017, ვებგვერდი, 21/06/2017, 360160000.05.001.018492, ქ. თბილისი. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/3691981?publication=13>
14. ტექნიკური რეგლამენტის „შენობა-ნაგებობის უსაფრთხოების წესების“ დამტკიცების თაობაზე“ საქართველოს მთავრობის 2016 წლის 28 იანვრის №41 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის შესახებ. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №318, 2019 წლის 5 ივლისი, ქ. თბილისი. <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/4610074?publication=0>
15. საქართველოს კანონი “ სახანძრო უსაფრთხოების შესახებ”, 24/06/2016, <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/93748?publication=6>
16. ტექნიკური რეგლამენტი “სახანძრო უსაფრთხოების წესების და პირობების შესახებ”https://www.gov.ge/files/411_50680_818764_370-1.pdf
17. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბერის დადგენილება №408 „ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის

ნორმების გაანგარიშების ტექნიკური რეგლამენტი“. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2187592>

18. Пирцхалава Т.Г. О вентиляции подземных помещений для обслуживания транспортных средств. Горный журнал, № 10-11, Тбилиси, 2003. с. 44-46.
19. თ. ფირცხალავა. მიწისქვეშა ავტოსადგომთა ჰაერმიმოცვლის გაანგარიშების შესახებ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №10-12, თბილისი, 2003. გვ. 63-66.
20. Пирцхалава Т. Г. К определению расчетного значения газовой нагрузки подземных автостоянок. Горный журнал, № 1 (12), Тбилиси, 2004. с. 36-38.
21. თ. ფირცხალავა. მიწისქვეშა ავტოსადგომებში აზოტისა და ნახშირბადის ჟანგეულთა გამოტყორცნის ინტენსივობის დაზუსტება ავტომობილების მოძრაობის რეჟიმის გათვალისწინებით. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №10-12, თბილისი, 2004. გვ. 63-67.
22. თ. ფირცხალავა. მიწისქვეშა ავტოსადგომთა ვენტილაციისათვის საჭირო დროში ცვალებადი ჰაერის რაოდენობის გაანგარიშების დაზუსტება. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №7-9, თბილისი, 2007. გვ. 47-50.
23. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В., Волков М. А. Эффективность системы общеобменной вентиляции автостоянок закрытого типа. «Вестник Международной академии холода», № 1, Санкт-Петербург, 2021. с. 3–10.
24. Гримитлин А. М., Волков А. П., Свердлов А. В. Метод масштабирования параметров пожара при испытаниях противодымной вентиляции закрытых автостоянок. «Приволжский научный журнал», № 1, Нижний Новгород, 2022. с. 111–122.
25. Таранцев А.А., Шидловский Г.Л., Поташев Д.А. Особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (53), Санкт-Петербург, 2020. с. 43-52.
26. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В., Климович М. В., Волков М. А. Расчетные методы проектирования продольных струйных систем вентиляции автостоянок закрытого типа. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование, № 4, Санкт-Петербург, 2016. с. 23–32.

PIRTSKHALAVA TEIMURAZ

SMOKE PROTECTION FOR UNDERGROUND CAR PARKS IN FIRE

ANNOTATION. The work examines current issues of fire, sanitary, hygienic and environmental safety of ventilation of underground parking lots. It has been established that, according to European standards, smoke removal systems with jet fans act much more efficiently than air ducts, quickly displacing smoke and exhaust gases towards the air intake grilles, from where and they come out. The design and parameters of the ventilation system are selected based on its ability to quickly and safely ensure the evacuation of people through smoke-free exits, as well as provide air parameters in the parking lot that meet the requirements of the design and installation of a ventilation unit in accordance with industry regulations of Georgia.

KEYWORDS: underground car parks; design; ventilation; fire; smoke removal; European standards; regulatory documents of Georgia.

ლევან ლელუაშვილი, თეიმურაზ ფირცხალავა, სვეტლანა სტერიაკოვა,
გიორგი ლელუაშვილი

მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან
კათოდური დაცვის ეფექტური მოწყობილობის სქემა

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კოროზიით გამოწვეული მატერიალური დანაკარგები და ეკოლოგიური ზარალი მათი ავარიული დაზიანების შემთხვევაში. აღწერილია კოროზიული პროცესების მიმდინარეობის ძირითადი კანონზომიერებები, პრინციპები, რომლებსაც ეფუძნება მათგან ლითონის ნაგებობების დაცვის მეთოდები. მოყვანილია გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ ჩატარებული ზოგიერთი კვლევების შედეგები, რომლებიც შეეხება მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კოროზიისაგან კათოდური დაცვის მოწყობილობების შემუშავებას საქართველოს სამრეწველო რეგლამენტების შესაბამისად.

საკვანძო სიტყვები: მიწისქვეშა ნაგებობები; ლითონის კონსტრუქციები; დაპროექტება; ელექტროქიმიური კოროზია; ავარია; საიმედოობა; კათოდური დაცვა; საქართველოს სამრეწველო რეგლამენტები.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ფეთქებადი მასალების კვლევის და აფეთქების ტექნოლოგიების ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თან., აკად. დოქტორი, მ. ნადირაშვილი.

შესავალი

ნავთობისა და გაზის მრეწველობის ხვედრითი წილი საქართველოს ეკონომიკაში თანდათან იზრდება, რაც თავის მხრივ მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების ქსელის გაფართოებას იწვევს. მიწისქვეშა ლითონის მილსადენების მიმდებარე გრუნტის მაღალი კოროზიული აქტივობის გამო მათი ავარიული დაზიანების რისკები ძალიან მაღალია. მაგალითად, 1000 მმ დიამეტრის მქონე ყაზახი-საგურამოს მაგისტრალური გაზსადენზე ელექტროქიმიური კოროზიის გამო ორჯერ მოხდა მსხვილი ავარია: ტრასის 55 კმ-ზე დასახლებულ პუნქტ ქესალოსთან, რასაც მოჰყვა 3,6 მლნ მ³ გაზის გაფრქვევა და აირის მიწოდების შეწყვეტა; ტრასის 61 კმ-ზე - 2,8 მლნ მ³ გაზის გაფრქვევა და აირის ტრანზიტის შეწყვეტა [1].

მაგისტრალური გაზსადენების ავარიების მიზეზების ანალიზი აჩვენებს, რომ ლითონის მიწისქვეშა კონსტრუქციების დაზიანების ძირითად მიზეზია ელექტროქიმიური კოროზია. მაგალითად, რუსეთში კოროზიული დაზიანებით მომხდარი ავარიების რიცხვი ყოველწლიურად ათიათასობით აღირიცხება და მათი წვლილი ტექნოგენურ ავარიების საერთო რიცხვში 40 %-ს აღემატება [2]. ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში მიწისქვეშა ლითონის კოროზიისაგან მიყენებული ზარალი

უდრის ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის ღირებულების 2-3%-ს [3, 4]. მიუხედავად მსოფლიო მეცნიერთა ძალისხმევისა კოროზიასთან ბრძოლისა, მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების კოროზიული რღვევისაგან დაცვის ეფექტური ხერხების დამუშავება დღემდე რჩება სამილე ტრანსპორტის უმთავრეს პრობლემად [5].

ანტიკოროზიული დაცვის პრობლემის გადაჭრის აქტუალობა ნაკარნახევია ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნებისა და გარემოს დაცვის აუცილებლობით. ეს პრობლემა ფართოდ არის ასახული პრესაში. ქვეყნდება სამეცნიერო ნაშრომები, ბროშურები, კატალოგები, ეწყობა საერთაშორისო გამოფენები მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებს შორის გამოცდილების გაცვლის მიზნით. ლითონებისა და შენადნობების ანტიკოროზიული დაცვის მთავარი პირობაა კოროზიის სიჩქარის შემცირება [6]. კოროზიის სიჩქარის შემცირება შესაძლებელია ლითონის კონსტრუქციების კოროზიისგან დაცვის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით. მთავარია: დამცავი საფარი; კოროზიული გარემოს დამუშავება კოროზიულობის შესამცირებლად; ელექტროქიმიური დაცვა; კოროზიისადმი გაზრდილი წინააღმდეგობის მქონე ახალი სტრუქტურული მასალების შემუშავება და წარმოება; ლითონის კონსტრუქციებისა და ნაწილების რაციონალური დიზაინი და ექსპლუატაცია [7-10].

ძირითადი ნაწილი

მიწისქვეშა მაგისტრალური ნავთობგაზსადენები, როგორც წესი, თავსდება დაახლოებით 2,5 მ სიღრმეზე. გრუნტი შეიცავს ნიადაგის ელექტროლიტს, რაც წყალში გახსნილი მინერალური მარილებით არის წარმოდგენილი, აღნიშნულის გამო ნიადაგს გააჩნია იონური გამტარობა და კოროზიული პროცესი მიმდინარეობს ელექტროგამტარ გარემოში ელექტროქიმიური მექანიზმის შესაბამისად. ნიადაგში მოთავსებულ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად (ნახ. 1). პროცესს თან სდევს ელექტრული მუხტის დენის გავლა ორი მიმართულებით: მინუსი - კათოდური და პლიუსი - ანოდური. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტროგამტარი გარემო-ელექტროლიტი, რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე ჩნდება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი - კათოდური და ანოდური უბნები. რკინის კოროზიის დროს წარმოიქმნება უხსნადი პროდუქტი - ჟანგი. ჟანგის ცვლადი შედგენილობა, ზოგადი სახით, აღიწერება ფორმულით:

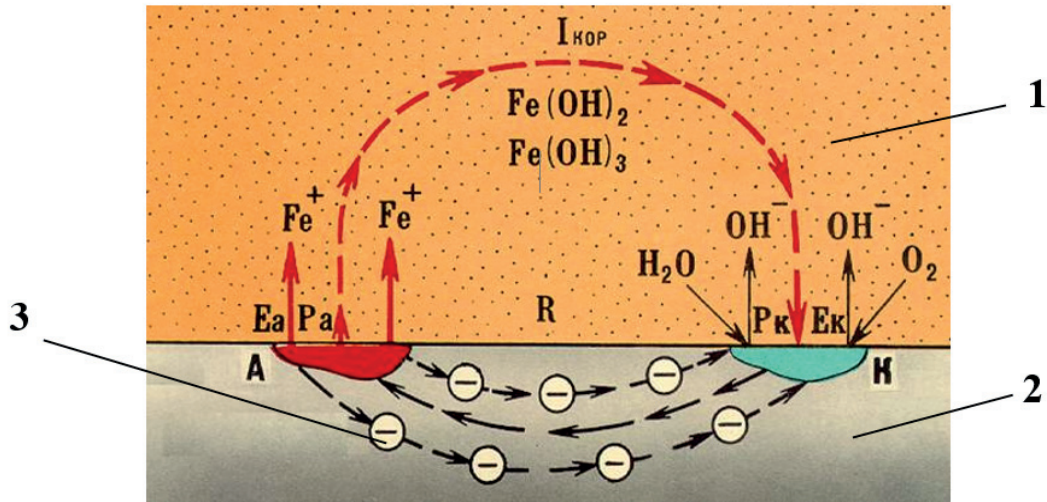


სადაც n, m, q - მთელი რიცხვებია [11].

პირველადი ანოდური პროცესის შედეგად მიიღება ორვალენტური (n) რკინა Fe , ნეიტრალურ ხსნარებში - რკინის გიდროოქსიდი $Fe(OH)_2$. შემდგომ, ხსნარში ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში - მიიღება რკინის სამვალენტოანი ჰიდროოქსიდი $mFe(OH)_3$:



რკინის სამვალენტოანი ჰიდროქსიდი ნაკლებად ხსნადია, ვიდრე $Fe(OH)_2$, ამასთან გვხვდება ორი ფორმით (ნახ. 1) - არამაგნიტური $\alpha-Fe_2O_3$ (ჰემატიტი) და მაგნიტური $\gamma-Fe_2O_3$, მაგნიტური ჰიდრატირებული რკინის ოქსიდი - $Fe_3O_4 - nH_2O$, ჩვეულებრივ ქმნის შუალედურ შრეს ჰიდრატირებული ოქსიდებს - Fe_2O_3 და FeO -ს. ამასთან ქვედა შრე შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ოქსიდით [12].



ნახ. 1. ნიადაგში მოთავსებული ლითონის კონსტრუქციის და მასზე გარშემორტყმულ ნიადაგში ელექტრული მუხტების გადაადგილების სქემა [12]: 1 - გრუნტის ელექტროლიტი; 2 - ლითონის კონსტრუქციის კედელი; 3 - ელექტრონი; $I_{кор}$ - კოროზიული დენი; A - ანოდი; K - კათოდი

გრუნტის კოროზიული აქტივობის შეფასების ძირითადი მეთოდები მილსადენების ლითონთან მიმართებაში არის მათი ელექტროგამტარობისა და კუთრი ელექტროწინააღობის განსაზღვრა [13]. მაღალი კოროზიული აქტივობა გააჩნიათ გრუნტებს, რომელთა კუთრი ელექტროწინააღობა $\rho_{გრ}$ ნაკლებია 20 ომ·მ-ზე, ხოლო დაბალი, თუ $\rho_{გრ} > 50$ ომ·მ-ზე (ცხრ. 1).

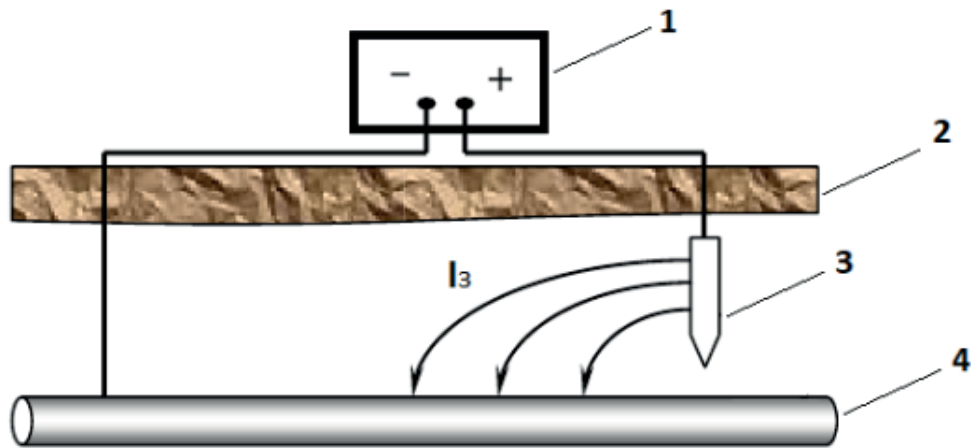
ცხრილი 1

გრუნტის კოროზიული აგრესიულობა ნახშირბადიანი და დაბალლეგირებული ფოლადის მიმართ [11]

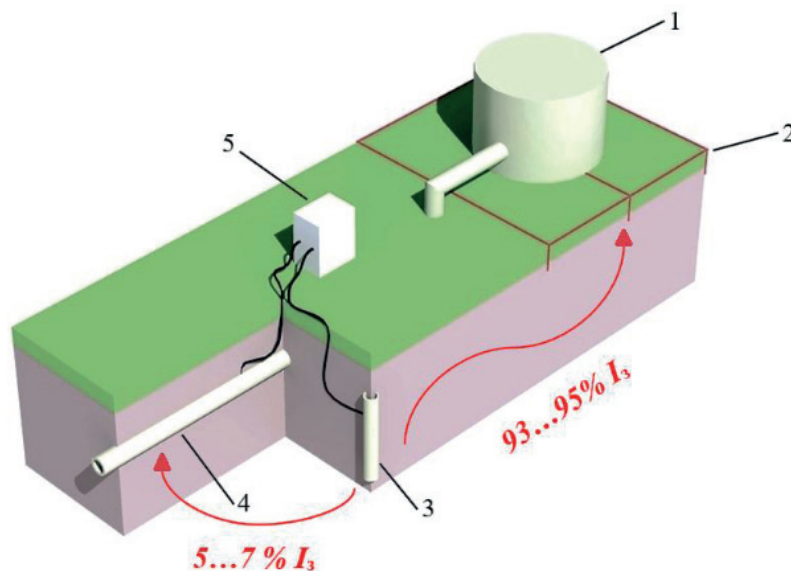
გრუნტის კოროზიული აგრესიულობა	გრუნტის კუთრი წინააღობა, $\rho_{გრ}$, ომ·მ	კათოდური დენის საშუალო სიმკვრივე, $i კ$, ა/მ ²
მაღალი	<20	>0,20
საშუალო	20 – 50	0,05 – 0,20
დაბალი	>50	≤0,05

იმისათვის, რომ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირი ავაცილოთ ნიადაგის ელექტროლიტს და გავწყვიტოთ ელექტროწრედი მიკრო და მაკრო კოროზიული ელემენტს შორის, ზედაპირს ფარავენ დიელექტრიკული თვისებების მქონე

საიზოლაციო მასალით. ამ პროცესს ეწოდება პასიური დაცვა [14]. მაგრამ გულმოდგინედ შესრულებული საიზოლაციო დანაფარი ექსპლუატაციის შედეგად კარგავს დიელექტრიკულ თვისებებს, წყალმედგობას, ხშირად მას აზიანებს მცენარეების ფესვები, გრუნტის ტემპერატურული ცვლილებები, რის შედეგადაც საიზოლაციო მასალა ვერ უზრუნველყოფს ელექტროქიმიური კოროზიის აუცილებელ დაცვას. აქედან გამომდინარე ელექტროქიმიური კოროზიის ეფექტური დაცვა არ შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ საიზოლაციო მასალით (პასიური დაცვა) და ელექტროქიმიური დაცვის მოწყობილობის (აქტიური დაცვა) ერთად გამოყენებით.



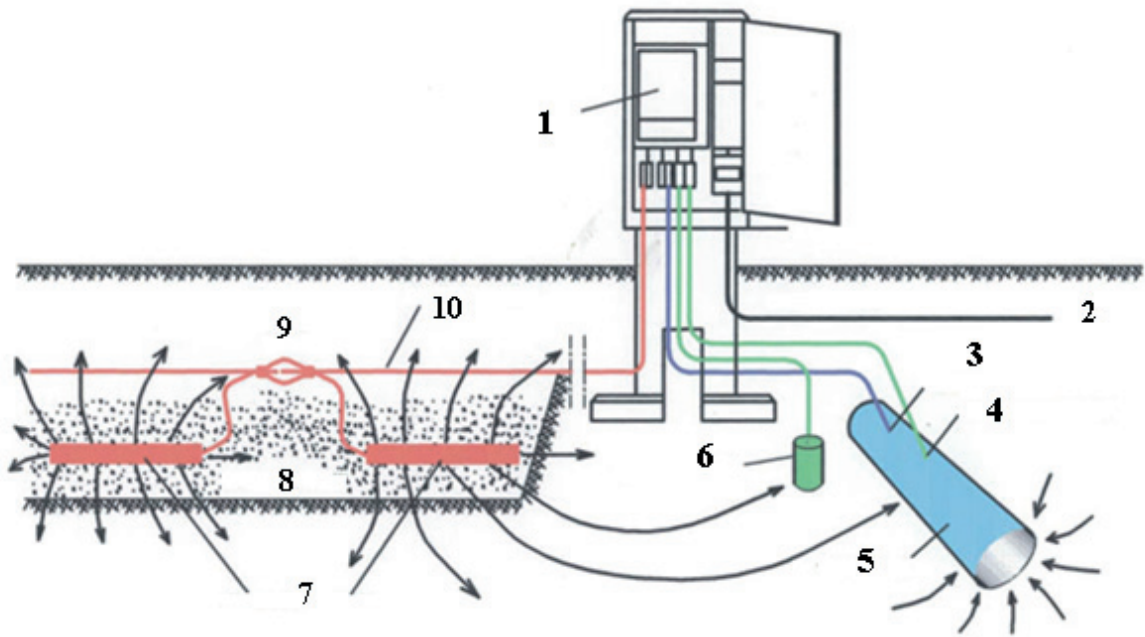
ნახ. 2. მიწისქვეშა მილსადენის კათოდური პოლარიზაციის სქემა [11]: 1 - კათოდური დაცვის სადგური; 2 - გრუნტის ზედაპირი; 3 - ანოდური დამიწება; 4 - მიწისქვეშა მილსადენი; I_3 - დამცავი დენი



ნახ. 3. კათოდური დენის გავრცელების სქემა ელექტროდანადგარების დამიწების შემთხვევაში [14]: 1 - რეზერვუარი; 2 - დამცავი დამიწების კონტური; 3 - ანოდური დამიწება; 4 - მილსადენი; 5 - კათოდური დაცვის სადგური

კათოდური ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ლითონის მილზე ერთდება მუდმივი დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსი, ხოლო დადებითი

პოლუსი - ანოდურ დამმიწებელზე, რის შედეგაც მილსადენის პოტენციალი გადაინაცვლებს უარყოფით მხარეს. ამ პროცესს ეწოდება კათოდური პოლარიზაცია [14]. კათოდური პოლარიზაციის შედეგად მიწისქვეშა მილსადენი გადაიქცევა კათოდად, ხოლო ანოდური დამმიწებელი - ანოდად (ნახ. 2). ელექტროქიმიური კოროზიის დროს ეს უკანასკნელი იშლება და გამოდის მწყობრიდან, რაც იწვევს მთელი დაცვის სისტემის მოშლას. დაცვის სისტემაში ანოდური დამმიწებელი წარმოადგენს ყველაზე მნიშვნელოვან ელემენტს, რომლის ეფექტურ მუშაობაზეა დამოკიდებული მთელი დაცვის სისტემის წარმატებული ფუნქციონირება. ამიტომ დღეისათვის ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის აღიარებული პრობლემაა ანოდური დამმიწებლის დაშლა ელექტროლიზის შედეგად.



ნახ. 4. კათოდური დაცვის რეალიზაციის სქემა [15]: 1 - კათოდური დაცვის სადგური; 2 - ძალოვანი კაბელი; 3 - დრენაჟის წერტილი; 4 -გამომყვანი გაზომვებისათვის; 5 - მილსადენი; 6 - სპილენძის სულფატის შედარების ელექტროდები; 7 - ანოდური დამმიწებლები; 8 -კოქსის დანაყარი; 9 - ქურო; 10 - ანოდური კაბელი

რთული სიტუაცია იქმნება განშტოებულ მილსადენ სისტემებში, გასამართ სადგურებზე (აღჭურვილი სხვადასხვა რთული ლითონის კონსტრუქციებით) სადაც ელექტროდები (დამმიწებლები, ხიმინჯებიანი ფუნდამენტი, ფოლადის არმატურა და სხვ.) ხშირად განსახილველი სისტემის კათოდურ ელემენტებს წარმოადგენენ, კათოდური დაცვის დენი განიცდის მავრანირებელ ეფექტს დამიწების სისტემის დამცავი კონტურის მხრიდან [12]. კათოდური დაცვის სისტემაზე დამიწების დამცავი კონტურის მავრანირებელ ეფექტის გავლენის სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 3. კათოდური დაცვის სადგურის 5 ჩვეულებრივ რეჟიმში ფუნქციონირების დროს, კათოდური დენი I_3 სრულად იხარჯება მილსადენის 4 კოროზიიდან დაცვაზე. მაგრამ გალვანური კავშირის შემთხვევაში ლითონის მილსადენსა და რეზერვუარს 1 შორის, მავრანირებელი ეფექტის გავლენის გამო, კათოდური დენის დიდი წილი (93-95

%) გაივლის დამცავი დამიწების კონტურში 2, რის გამოც წარმოიშობა მილსადენის დაუცველი არეები და არარაციონალურად იხარჯება ელექტროენერგია და ანოდური დამიწების ლითონი. მიწისქვეშა ლითონის მილსადენების გაუმჯობესებული კათოდური დაცვის სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 4.

საქართველოში გაზსადენების, ნავთობსადენების, წყალსადენების, ავტო-გასამართი სადგურების, ელექტროკაბელების და სხვ., მუშაობის საიმედოობის, ეკოლოგიური და ეკონომიკური უსაფრთხოების საკითხების გაუმჯობესების თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია და პერსპექტიულია მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების კოროზიულ დაზიანებებთან დაკავშირებული ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფა, რისკებისა და საფრთხეების ანალიზი. ქვეყნის მომავალი განვითარებისათვის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან გამოწვეული დაზიანებების მინიმუმამდე დაყვანა, რაც შესაძლებელია განხორციელებული იქნას ახალი თანამედროვე და ეფექტური დაცვის მოწყობილობების დანერგვით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ამჟამად მოქმედ ტექნიკური რეგლამენტების მოთხოვნებს [16-22]. გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ დამუშავებულია: მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დამიწების მოწყობილობის სქემა [23]; კათოდური დაცვის ჟანგვა-აღდგენით რეჟიმში მომუშავე ანოდური დამიწებელი [24]; მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარის პროტექტორული დაცვის სქემა [25]; კათოდური დაცვის ანოდური დამიწების გაწყლოვანების მოწყობილობა [26] და ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ანოდური დაცვის ახალი მოწყობილობა [27].

დასკვნები

დღეისათვის მიწისქვეშა კომუნიკაციებზე (მაგისტრალური სამრეწველო გაზსადენები და ნავთობსადენები, შახტების და მადაროების საკომპრესორო და სატუმბო სადგურების მილსადენები, გაზისა და ნავთობის ჭაბურღილების გარსაცმი მილები, ბენზოგასამართი და გაზგასამართი მიწისქვეშა რეზერვუარები და სხვა) მომხდარი ტექნოგენური ავარიების 40 %-ზე მეტი ელექტროქიმიური კოროზიით არის გამოწვეული, რის შედეგად ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში ეკონომიკური ზარალი მთლიანი შიდა პროდუქტის ღირებულების 2-3 %-ს აღწევს.

ნიადაგში მოთავსებულ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტროგამტარი გარემო-ელექტროლიტი, რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე ჩნდება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი - კათოდური და ანოდური უბნები. რკინის კოროზიის დროს წარმოიქმნება უხსნადი პროდუქტი ჟანგი. მაღალი კოროზიული აქტივობა გააჩნიათ გრუნტებს, რომელთა კუთრი ელექტროწინაღობა ρ_{gr} ნაკლებია 20 ომ-მ-ზე, ხოლო დაბალი, თუ $\rho_{gr} > 50$ ომ-მ-ზე.

იმისათვის, რომ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირი ავაცილოთ ნიადაგის ელექტროლიტს და გავწყვიტოთ ელექტროწრედი მიკრო და მაკრო კოროზიულ ელემენტებს შორის, ზედაპირს ფარავენ დიელექტრიკული თვისებების მქონე საიზოლაციო მასალით. ამ პროცესს ეწოდება პასიური დაცვა. მაგრამ გულმოდგინედ შესრულებული საიზოლაციო დანაფარი ექსპლუატაციის შედეგად

კარგავს დიელექტრიკულ თვისებებს, რის შედეგადაც საიზოლაციო მასალა ვერ უზრუნველყოფს ლითონის ელექტროქიმიური კოროზიის აუცილებელ დაცვას. აქედან გამომდინარე ლითონის კონსტრუქციის ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ეფექტური დაცვა არ შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ საიზოლაციო მასალით (პასიური დაცვა). მასთან ერთად აუცილებელია აქტიური ელექტროქიმიური დაცვის მოწყობილობის (კათოდური დაცვის) გამოყენება.

კათოდური ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ლითონის მილზე ერთდება მუდმივი დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსი, ხოლო დადებითი პოლუსი - ანოდურ დამმჩიებელზე, რის შედეგაც მილსადენის პოტენციალი გადაინაცვლებს უარყოფით მხარეს. ამ პროცესს ეწოდება კათოდური პოლარიზაცია. კათოდური პოლარიზაციის შედეგად მიწისქვეშა მილსადენი გადაიქცევა კათოდად, ხოლო ანოდური დამმჩიებელი - ანოდად. ელექტროქიმიური კოროზიის დროს ეს უკანასკნელი იშლება, სამაგიეროდ ლითონის კონსტრუქცია არ განიცდის კოროზიას.

გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ შემოთავაზებული დაცვის სისტემები მეტად მარტივი, ეფექტური და ორიგინალურია, რაც განაპირობებს მათ კომერციულ პოტენციალს მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის ახალი სისტემების დამზადებასა და დანერგვაში.

ლიტერატურა

1. <https://www.gogc.ge/uploads/tinyMCE/documents/2020,%2025.11.2020.pdf>
2. Запечалов Д.Н. Повышение эффективности систем защиты от коррозии подземных магистральных газопроводов. Газовая промышленность, №5 (724), Москва, 2015. с. 67-70.
3. Mitolo M., Pettinger A. Interactions between cathodically protected pipelines and grounding systems. "Industry Applications IEEE Transactions", vol. 52, 2016. p. 3694-3698.
4. Yi Huang, Dawei Ji. Experimental study on seawater-pipeline internal corrosion monitoring system. "Sensors and Actuators B: Chemical", Vol. 135. Iss. 1, Elsevier Ltd., 2008. p. 375-380.
5. Tamura, H. The role of rusts in corrosion and corrosion protection of iron and steel. Corrosion Science, № 50, 2008. P. 1872-1883.
6. F.M. Song. Predicting the mechanisms and crack growth rates of pipelines undergoing stress corrosion cracking at high pH. „Corrosion Science“, Vol. 51, Iss. 11. 2009. P. 2657-2674
7. Goidanich, S., Lazzari L., Ormellese M. AC corrosion - Part 1: Effects on over potentials of anodic and cathodic processes. „Corrosion Science“, V.52, 2010. P.491-497.
8. Buchler, M. Alternating current corrosion of cathodically protected pipelines: Discussion of the involved processes and their consequences on the critical interference values. "Materials and Corrosion", № 63, 2012. P. 1181.
9. Xu, L.Y., Su X., Cheng Y.F. Effect of alternating current on cathodic protection on pipelines. corrosion science, v. 66, 2013. p. 263-268.
10. Tang D.Z., Du Y.X., Lu M.X., Jiang Z.T., Dong L., Wang J.J. Effect of AC current on corrosion behavior of cathodically protected Q235 steel. Materials and Corrosion, V.64, 2013. P.1-8.
11. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии. Учебное пособие - 3-е изд., перераб. и доп. ФИЗМАТЛИТ, Москва, 2010. 416 с.

12. Мустафин Ф. М., Быков Л. И., Гумеров А. Г. и др. Защита трубопроводов от коррозии: том 2: Учебное пособие. Недра, Санкт-Петербург, 2007. 708 с.
13. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. - взамен ГОСТ 9.602-2005; Введ. 01.06.2017. Стандартиформ, Москва, 2016. 87 с.
14. Медведева М.Л. и др. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, 2013. 250 с.
15. https://dzen.ru/a/YxUYwvhC_zLZaSom
16. მაგისტრალური ნავთობსადენის უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესახებ. ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №75, 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2196678?publication=0>
17. ტექნიკური რეგლამენტი - ელექტროსადგურების და ქსელების ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების დამტკიცების შესახებ. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №434 2013 წლის 31 დეკემბერი ქ. თბილისი. https://gse.com.ge/sw/static/file/eleqtrosadgurebis_da_qselebis_teqnikuri_eqspluataciis_tsesebi...pdf
18. ნავთობის ბაზების უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესახებ. საქართველოს მთავრობის 2014წლის 15 იანვრის №65 დადგენილებით დამტკიცებული ტექნიკური რეგლამენტი
19. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2198142?publication=0>
20. მაგისტრალური გაზსადენის უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესახებ. ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №257, 2014 წლის 26 მარტი, ქ. თბილისი.
21. http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CGEO_83.pdf
22. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დამმიწებელი. სამთო ჟურნალი, #1(43), თბილისი, 2020. გვ. 58-60.
23. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის ჟანგვა-აღდგენითი რეჟიმში მომუშავე ანოდური დამმიწებლის მქონე სისტემა. სამთო ჟურნალი, #1(44), თბილისი, 2021. გვ. 74-77.
24. ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა. სამთო ჟურნალი, #1(45), თბილისი, 2022. გვ. 63-67.
25. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა. სამთო ჟურნალი, #1(45), თბილისი, 2022. გვ. 67-70.
26. ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ანოდური დაცვის ახალი მოწყობილობა. სამთო ჟურნალი, #1(46), თბილისი, 2023. გვ. 105-106.

**LELUASHVILI LEVAN, PIRTSKHALAVA TEIMURAZ, STERIAKOVA SVETLANA,
LELUASHVILI GIORGI**

SCHEME OF EFFECTIVE CATHODIC PROTECTION DEVICE AGAINST ELECTROCHEMICAL CORROSION OF UNDERGROUND METAL STRUCTURES

ANNOTATION. The article examines material losses from corrosion of underground metal structures and environmental damage in the event of their accidental damage. The basic patterns of the course of corrosion processes and the principles on which methods of protecting metal structures from them are based are described. The results of some studies conducted by employees of the G. Tsulukidze Mining Institute, which relate to the development of cathodic protection devices against corrosion of underground metal structures in accordance with industrial standards of Georgia.

KEYWORDS: underground structures; metal constructions; design; electrochemical corrosion; accident; reliability; cathodic protection; regulatory documents of Georgia.

ნათელა მაისურაძე, ვალერი ხითარიშვილი, დავით მაისურაძე

აზოტის გამოყენება ნავთობისა და გაზის ოპერაციებში

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია ნავთობისა და გაზის სარეწაო პრაქტიკაში აზოტის გამოყენების მრავალი ვარიანტი. აზოტის დახმარებით შესაძლებელია ფენის წნევის შენარჩუნება ნავთობის საბადოებში, გაზის გამოდევნა გაზის ქუდიდან, მკვეთრად დახრილი ნავთობიანი ფენის დამუშავება, გაზკონდენსატის საბადოების ციკლური ექსპლუატაცია, ჭაბურღილების ათვისება, დრეკადი მილებით ჭაბურღილების გასუფთავება, დაბალწნევიანი რეზერვუარის ჭაბურღილების ქაფით ცირკულაცია, ნავთობისა და გაზის მილსადენების გაწმენდა საცობებისგან. მოცემულია საქართველოში ნავთობისა და გაზის საბადოების ოპერატორი კომპანიების გამოცდილება აზოტის გამოყენებით ჭაბურღილის ათვისების საქმეში.

საკვანძო სიტყვები: აზოტი; ჭაბურღილი; ნავთობი; გაზი; დრეკადი მილები; ნავთობგაცემა; ექსპლუატაცია; ჩატუმბვა.

რეცენზენტები: სტუ-ს სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ნავთობისა და გაზის ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ასოცირებული პროფ., დოქტორი მ. წურწუმია;
სტუ-ს სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ნავთობისა და გაზის ტექნოლოგიების დეპარტამენტის უფროსი, პროფ., დოქტორი თ. ბარაბაძე.

როგორც ცნობილია, ნავთობგაცემის ამალღების მესამეული მეთოდი - ნავთობმოპოვების ტექნოლოგიები, რომლებიც ჭაბურღილის პროდუქტიულობას ამალღებენ ფენის ენერჯის ხელოვნურად შენარჩუნების ხარჯზე ან ნავთობის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ხელოვნურად შეცვლის ხარჯზე, იყოფა 3 ჯგუფად: თერმული მეთოდები - ფენში სითბოს შეტანა (ცხელი წყალი, ორთქლი) ნავთობის სიბლანტის შესამცირებლად; ქიმიური მეთოდები - ფენში ქიმიური რეაგენტების წყალხსნარის ჩატუმბვა; გაზური მეთოდები - ნავთობის გამოდევნის პროცესის გასაუმჯობესებლად ფენში გაზის (ჰაერი, ბუნებრივი გაზი, აზოტი ან ნახშირორჟანგი) ჩატუმბვა [1]. ამ უკანასკნელის გამოყენებისას მუშა აგენტი ისე უნდა შეირჩეს, რომ მიღწეული იქნას ბალანსი დადებითი და უარყოფითი ფაქტორებისა, რომლებიც შეიძლება თან ახლდეს კონკრეტული გაზის ჩატუმბვას შერჩეული საბადოს სპეციფიკის გათვალისწინებით. მაგალითად, ერთ-ერთი გავრცელებული მეთოდი იყო ნახშირორჟანგის ჩატუმბვა, რითაც ნავთობის გამოდევნის მაღალი მაჩვენებლები იყო დაფიქსირებული. ნახშირორჟანგი, რომელიც იხსნება ნავთობში, ამცირებს მის სიბლანტეს და ზედაპირულ დაჭიმულობას გარკვეული წნევისა და ტემპერატურის პირობებში. თუმცა, კვლევამ აჩვენა, რომ მას აქვს სერიოზული უარყოფითი მხარეები, მათ შორის ნავთობის მოპოვების და ფენის წნევის ძალიან სწრაფი ვარდნა პირველი რამდენიმე წლის განმავლობაში. ასევე ნახშირორჟანგის გამოყენება შედარებით ძვირია. მთავარ პრობლემას კი წარმოადგენს ჭაბურღილსა და ზედაპირულ მოწყობილობებზე

კოროზიული ზემოქმედების მაღალი საფრთხე. ნახშირორჟანგის საუკეთესო ალტერნატივად ითვლება აზოტი.

ატმოსფერულ ჰაერში აზოტის უზარმაზარი მარაგია და მისი წარმოების მეთოდები საკმაოდ მარტივი, იაფი და კარგად შესწავლილია. აზოტი სრულიად ინერტულია და უსაფრთხოა გარემოსათვის [2]. აზოტს აქვს დაბალი კოროზიული აქტივობა, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია ჰაბურდილის გამართული მუშაობისთვის. მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ასევე კარგად არის შეთავსებული ფენის ფლუიდების თვისებებთან.

ნავთობისა და გაზის სარეწაო პრაქტიკაში აზოტის გამოყენების მრავალი ვარიანტი არსებობს. აზოტის დახმარებით შესაძლებელია ფენის წნევის შენარჩუნება ნავთობის საბადოებში, გაზის გამოდევნა გაზის ქუდიდან, მკვეთრად დახრილი ნავთობიანი ფენის დამუშავება, გაზკონდენსატის საბადოების ციკლური ექსპლუატაცია, ჰაბურდილების ათვისება, დრეკადი მილებით ჰაბურდილების გასუფთავება, ქაფიანი საბურღი ხსნარების გამოყენება დაბალწნევიანი პროდუქტიული ფენების ბურღვისას.

როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, ნახშირორჟანგის, ბუნებრივი გაზისა და სხვა კომპონენტების ჩატუმბვას შერევადი გამოდევნისას აქვს ნავთობის გამოდევნის მაღალი მაჩვენებლები, თუმცა გარკვეული მიზეზების გამო აზოტით მათი ჩანაცვლება ნავთობგაცემის ამაღლების უფრო ეფექტურ ხერხად ითვლება.

აზოტი ბუნებრივი გაზის ალტერნატივაა ნავთობის საბადოს გაზის ქუდში ჩასაჭირხნად ფენის წნევის შენარჩუნების მიზნით. მეთოდის არსიან ნახშირწყალბადოვანი გაზის ჩანაცვლება იაფი აზოტით. გარდა ამისა, აზოტი თანდათან ხდება ბარიერი საბადოს ნავთობიან და გაზიან ნაწილებს შორის, რის შედეგადაც, ნავთობთან ცუდი შერევის გამო, ამცირებს მომპოვებელი ჰაბურდილების სანგრეზზე შეჭრის რისკებს და უზრუნველყოფს ე.წ. „გრავეიტაციულ გამოდევნას“.

აზოტის საშუალებით შეიძლება მაღალი სიბლანტის ნავთობის „მთელანების“ გამოდევნა დაწყლოვანებისას. იმ სიტუაციაში, როდესაც ნაკლებად მოძრავი ნავთობი ჩარჩენილია ბუდობის სტრუქტურის ამაღლებულ ნაწილში და დამატებითი მომპოვებელი ჰაბურდილების ბურღვა არაეკონომიურია, აზოტი გამოიყენება ნავთობის სიბლანტის შესამცირებლად და ცალკეულ ჰაბურდილში ჩასაჭირხნად ნავთობის გრავეიტაციული გამოდევნისათვის.

ბუდობში არსებული გაზის ქუდიდან გაზის გამოდევნაშიც შეიძლება მნიშვნელოვანი როლი შეასრულოს აზოტმა. თუ გაზის ქუდში არის საკმაო მარაგი და საბადოს ნავთობიანი ნაწილი მნიშვნელოვნადაა გამომუშავებული, აზოტი შეიძლება გამოიყენებულ იქნას ბუნებრივი აირის დამატებითი მოცულობის ამოსაღებად აზოტის დამატებითი მოცულობის ჩატუმბვით.

აზოტის ჩატუმბვა პროდუქტიულ ფენში მიზანშეწონილია, როცა ნავთობი დაბალი სიბლანტისაა და მას შეუძლია აზოტთან შერევა ფენის წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, ხდება ე.წ. ნავთობის შერევადი გამოდევნა (ნავთობის გამოდევნა გაზით შეიძლება იყოს შეურევადი ან შერევადი - როცა არ არსებობს საზღვარი ფაზებს შორის) [3].

ნავთობის მოპოვების ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესების გამარტივების გარდა, აზოტის გამოყენება ეკონომიკურად მიზანშეწონილია სხვა თანმხლებ პროცესებშიც, იგი ფართოდ გამოიყენება ნავთობისა და გაზის მილსადენებში საცობების გასატუმბად, მილის გასაწმენდად. აზოტის საშუალებით ხდება:

- მილსადენების სანდოობის შემოწმება ჰერმეტიკობაზე (აზოტი მაღალი წნევით იტუმბება მილსადენში, რაც იძლევა სუსტი წერტილების გამოვლენისა და სწრაფად გამოსწორების საშუალებას);

- მილსადენების გაშრობა, აგრეთვე ჟანგბადის და სხვა გაზების მოცილება (მონტაჟისა და შეკეთების შემდეგ მილსადენები უნდა გაიწმინდოს აზოტით, რითაც შესაძლებელი ხდება ჟანგბადის გადაადგილება, ასევე ტენიანობისა და ნავთობპროდუქტებისთვის მავნე ნივთიერებების მოშორება);

- მიწისქვეშა და სხვა ხანძრის ჩაქრობა დახურულ სივრცეში საბადოს ან ნაგებობის დაზიანების გარეშე (ჩაქრობა წყლისა და სხვა ქიმიკატების გამოყენების გარეშე).

მენავთობების ინტერესი აზოტის მიმართ გაჩნდა ჯერ კიდევ ნავთობისა და გაზის ინდუსტრიის ფორმირების დასაწყისში. აზოტი ხელმისაწვდომი იყო და საკმაოდ იაფად იწარმოებოდა, ფენში მისი შეყვანის პირველი მცდელობა მე-20 საუკუნის დასაწყისში მოხდა. შედეგები კარგი იყო და ტექნოლოგიამ აჩვენა თავისი ეფექტურობა. მაგრამ ეს იყო ცალკეული ექსპერიმენტები, რომელთა ზუსტი შედეგები, სამწუხაროდ, უცნობია. ფენის ნავთობგაცემის ამალგების მიზნით აზოტის ჩატუმბვა წარმატებით ხორციელდებოდა მთელ მსოფლიოში 1960-იანი წლებიდან. მას შემდეგ სტაბილურად იზრდება აზოტის გამოყენება ნავთობისა და გაზის მოპოვების პროექტებში.

ცხრილი 1

„აზოტის პროექტების“ შესახებ სტატიების ავტორები

ავტორი	საბადო	გამოცემის წელი	№
Маркис С.П. SPE, The Linde Group	Cantarell project (Southern Mexico)	2014	SPE-171239-RU
A.J. Vazquez, R. Guerrero, M, A. Ancona, R.Heernandez, G.Colin	Antonio J. Complex (Southern Mexico)	2014	SPE-171816-MS
W.W.Huang, R.B. Bel- larmy, S.W.Ohnmus	Chunchula field (Alabama, USA)	1986	SPE-14059
C.J. Mayne and R.W. Pendleton	The Fordoche Field (Louisiana, USA)	1986	SPE-14058
B. Sinanan, M.Burdi	Trinidad basin (Trinidad and Tobago)	2012	SPE-156924
Hadi Belhaj, Hadil Abu Khaliffeh	South East Assests (Abu Dhabi)	2013	SPE-164774
V.S. Rios, P.Laboissiere, O.V. Trevisan	Espirito Santo basin (Brazil)	2010	SPE-139319

თანამედროვე ეპოქაში მსოფლიოში ყველაზე დიდი ე.წ. „აზოტის პროექტი“ განხორციელდა მექსიკის ყურეში, კანტარელის გიგანტურ ნავთობის საბადოზე. საბადოს ექსპლუატაციას შელფზე 1979 წლიდან ახორციელებს კომპანია Pemex. 1996 წელს დაიწყო ფენის წნევის შენარჩუნების პროგრამა. აზოტის ჩატუმბვა შეფასდა, როგორც წნევის შენარჩუნების ყველაზე მომგებიანი და ეკონომიური გადაწყვეტა.

პროექტის რეალიზაციის პროცესში, 2000 წელს გაიხსნა მსოფლიოს უმსხვილესი აზოტის მწარმოებელი ქარხანა. საბადოზე ნავთობგაცემის კოეფიციენტი 17 %-ით გაიზარდა, რაც ნიშნავდა მოპოვების გაზრდას 6,2 მლრდ ბარელით. დღეისათვის მიმდინარე ნავთობგაცემის კოეფიციენტი 42 %-ია, ხოლო ზღვრული კოეფიციენტი 50%-ის ტოლდაა შეფასებული. პროექტმა ნათლად აჩვენა, რომ აზოტის გამოყენება წნევის შესანარჩუნებლად წარმატებული ტექნოლოგიაა [4].

პირველ ცხრილში წარმოდგენილია ნავთობის საბადოების დამუშავების გამოცდილება აზოტის ჩატუმბვის ტექნოლოგიის გამოყენებით, სადაც მითითებულია “მენავთობე ინჟინერთა საზოგადოების“ (SPE) ბაზიდან მცირე ნაწილი სტატიების ავტორებისა, რომლებმაც წარმოადგინეს ტექნოლოგიის დანერგვის შედეგები.

თითოეულ ჩამოთვლილ საბადოზე აზოტის ჩატუმბვა გამოიყენებოდა სხვადასხვა ტექნოლოგიებით, მაგრამ ერთი და იგივე მიზნით - გაზრდილიყო ფენის ნავთობგაცემა.

როგორც ცნობილია, ჰაერიდან აზოტის მიღების პროცესი ხუთ ეტაპად იყოფა:

- 1) ჰაერის შეკუმშვა 0,6-0,7 მგპა-მდე კომპრესორების გამოყენებით;
- 2) მინარევების (წყლისორთქლის, ნახშირორჟანგის დასხვ.) მოცილება მექანიკური ხერხით მათი ადსორბციის ხარჯზე თბომცვლეულში დაბალ ტემპერატურაზე;
- 3) გაცივება ბლოკის ტიპის თბომცვლეულში -196 °C ტემპერატურამდე;
- 4) აზოტისა და ჟანგბადის გამოყოფა დაბალტემპერატურული დისტილაციით;
- 5) აზოტის შეკუმშვა ჩატუმბვისთვის საჭირო წნევამდე ცენტრიდანული ტუმბოების გამოყენებით [2].

თხევადი აზოტისაგან გარდაქმნილი ინერტული გაზი საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნას უკიდურესად მსუბუქი საცირკულაციო სითხეები. აზოტის ფიზიკური თვისებები ქმნის იდეალურ პირობებს მის გამოსაყენებლად ჭაბურღილების დასრულებასა და კაპიტალურ შეკეთებაში. ჭაბურღილების აზოტით გასუფთავება არ აყენებს ზიანს რეზერვუარს, შეუძლია გაზარდოს ჭაბურღილის მოპოვება და ხანგრძლივობა. მე-2 ცხრილში მოცემულია აზოტის მახასიათებლები.

ცხრილი 2

აზოტის მახასიათებლები

ქიმიური სიმბოლო	N ₂
თხევადი აზოტის სიმკვრივე	0.808 გრ/სმ ³
თხევადი აზოტის ტემპერატურა	- 195,8 °C
გასატუმბი ტუმბო	კრეოგენული
ნავთობში გახსნის უნარი	დაბალი
წყალში გახსნის უნარი	დაბალი
ჰიდროსტატიკული დაწოლა (გაზით)	წყალზე დაბალი
ჭაბურღილში იტუმბება	გაზი

ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილებიდან სითხის (ფლუიდის) ამოსადგრელად თხევადი აზოტის გამოყენება უსაფრთხო, სწრაფი და ეკონომიური მეთოდია. ტიპიური საველე სცენარი შედგება ჭაბურღილისაგან, რომელშიც სითხის სვეტისაგან შექმნილი ჰიდროსტატიკური წნევა აჭარბებს ფენის წნევას, რაც ხელს უშლის პროდუქტიული ფენიდან ჭაბურღილის ლულაში ნახშირწყალბადების შემოდინებას.

ჭაბურღილში არსებული სითხის აზოტის გაზით ჩანაცვლება (დონის დაწევა), ამცირებს ჰიდროსტატიკურ დაწოლას სანგრევზე და რეზერვუარს თვითდინებით (შადრევნირებით) მუშაობის საშუალებას აძლევს.

№1 სურათზე ნაჩვენებია აზოტის გატუმბვა ჭაბურღილში თხევადი აზოტის გარდამქმნელი ტუმბოს გამოყენებით.



სურ. 1. ჭაბურღილში აზოტის გატუმბვა თხევადი აზოტის გარდამქმნელი ტუმბოს გამოყენებით

აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება ჭაბურღილის დასრულებაში, საექსპლუატაციო პაკერის არსებობის შემთხვევაში, მოითხოვს დოღზე დახვეული დრეკადი მილის დანადგარის (კოლ-ტუბინგი)გამოყენებას. დრეკადი (დახვეული) მილი გახდა ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილების სერვისისა და კაპიტალური შეკეთების ოპერაციების განუყოფელი კომპონენტი. მისი განვითარება ადრეული 1960-იანი წლებიდან იწყება. ტექნოლოგიის დახვეწამ გაზარდა დრეკადი მილების გამოყენება როგორც საბურღ და ჭაბურღილის დასრულების ოპერაციებში, ასევე ჭაბურღილების კაპიტალურ შეკეთებაში. ბოლო წლებში ინდუსტრია მიდრეკილია დახრილმიმართული და ჰორიზონტალური ჭაბურღილების ბურღვისკენ, სადაც დრეკადი მილი ფართოდ გამოიყენება 60 გრადუსით და უფრო მეტად დახრილი ტრაექტორიის მქონე ჭაბურღილების დამუშავების და შესწავლის ოპერაციებში. ჭაბურღილში საექსპლუატაციო პაკერის არსებობის პირობებში, დრეკადი მილი ჩაეშვება სატუმბსაკომპრესორო მილებში და აზოტის გატუმბვით დრეკად მილში ხორციელდება ჭაბურღილიდან სითხის ამოღვრა [5].

№2სურათზეჩანსაზოტისგატუმბვისპროცესი ჭაბურღილში დოღზე დახვეული დრეკადი მილის დანადგარის (კოლ-ტუბინგი)გამოყენებით საექსპლუატაციო პაკერის არსებობის პირობებში, ხოლო №3 სურათზე წარმოდგენილია აზოტის გატუმბვა ჭაბურღილში საექსპლუატაციო პაკერის არარსებობის შემთხვევაში.

თუ ჭაბურღილში საექსპლუატაციო პაკერი არ არსებობს, აზოტი შეიტუმბება ჭაბურღილის მილგარე სივრცეში.



სურ. 2. ჭაბურღილში აზოტის გატუმბვა დრეკადი მილის დანადგარის გამოყენებით, საექსპლუატაციო პაკერის არსებობის პირობებში



სურ. 3. ჭაბურღილში აზოტის გატუმბვა საექსპლუატაციო პაკერის არარსებობის პირობებში

როდესაც ჭაბურღილში დასამუშავებელი ზონის მექანიკური მონაცემები იძლევა საშუალებას გამოყენებული იქნას უარყოფითი ან კონტროლირებადი საცირკულაციო წნევით დამუშავების ტექნოლოგია, დგება თხევადი აზოტისაგან გარდაქმნილი გაზის გატუმბვის საჭიროება. განსაკუთრებით, როდესაც მოთხოვნილია საცირკულაციოდ ისეთი დაბალი სიმკვრივის სითხეების გამოყენება, როგორცაა ქაფი ან გაზიანი ხსნარი. აღნიშნული სითხეების გამოყენებისას მიიღწევა ფენის წნევაზე დაბალი

ჰიდროსტატიკური წნევა ჭაბურღილის სხვადასხვა სიღრმეზე, რაც თავისთავად უზუნველყოფს პროდუქტიულ ჰორიზონტზე მინიმალურ დაწოლას და ამცირებს ხსნარისაგან ფენის დაბინძურებას [6].

მე-3 ცხრილში მოცემულია აზოტის შერევით მიღებული ხსნარის ეფექტური სიმკვრივე ჭაბურღილის სხვადასხვა სიღრმეზე.

ცხრილი 3

აზოტის შერევით მიღებული ხსნარის ეფექტური სიმკვრივე სხვადასხვა სიღრმეზე

ხსნარის სიმკვრივე გრ/სმ ³	აზოტი, მ ³ (გაზი)/მ ³ (ხსნარი)	სიღრმე, მ								
		300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700
1.08	1.8	0.93	0.98	1.00	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05
1.08	3.5	0.79	0.86	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01
1.08	8.7	0.36	0.55	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89
1.2	1.8	1.04	1.10	1.12	1.14	1.15	1.15	1.16	1.04	1.16
1.2	3.5	0.86	0.98	1.03	1.06	1.08	1.10	1.11	1.12	0.89
1.2	8.7	0.44	0.65	0.77	0.85	0.90	0.94	0.96	0.99	1.01
1.32	1.8	1.16	1.22	1.24	1.26	1.26	1.27	1.28	1.28	1.28
1.32	3.5	0.97	1.09	1.18	1.19	1.20	1.22	1.23	1.24	1.24
1.32	8.7	0.51	0.75	0.88	0.96	1.01	1.05	1.08	1.10	1.12

მაგალითი: 1 კუბურ მეტრ 1.2 გრ/სმ³ სიმკვრივის ხსნარში 1.8მ³ აზოტის შერევისას 2700 მეტრ სიღრმეზე ხსნარის სიმკვრივე იქნება 1,16 გრ/სმ³.

საქართველოში, დასავლეთ რუსთავის №38z ჭაბურღილზე განხორციელდა დონისდაწევა(სითხისამოღვრა)თხევადი აზოტისგარდამქნელი ტუმბოსგამოყენებით. ჭაბურღილში შეჭრილი ჰორიზონტალური ლულიდან ნავთობისა და გაზის მოპოების მაჩვენებელი, ბურღვის დასრულების შემდეგ ტესტირების მონაცემებთან შედარებით, აზოტის დამუშავების შედეგად 1,5 ჯერ გაიზარდა.

იგივე საბადოზე არსებული №B01Za ჭაბურღილის ათვისებაც აზოტის გამოყენებით მოხდა. იგი ექსპლუატაციაში შევიდა დრეკადი მილითა და აზოტით სითხის ამოღვრის შემდეგ.

დასკვნა

ამრიგად, აზოტის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები და გავრცელება მას აქცევს ნავთობგაცემის ამაღლების ერთ-ერთ ყველაზე ხელმისაწვდომ და საკმაოდ ეფექტურ საშუალებად. აზოტის მიღების არსებული მეთოდები ხასიათდება შესწავლილობის მაღალი ხარისხით, სიმარტივით და ხელმისაწვდომობით.

ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილების აზოტით დამუშავების ტექნოლოგიას წარმატებით გამოიყენებენ ნავთობისა და გაზის საბადოების ოპერატორი კომპანიები.

ექსპლუატაციაში მყოფი ჭაბუღილის ჩახშობის გარეშე (წნევის ქვეშ) დამუშავების შესაძლებლობა დრეკადი მილისა და აზოტის ტექნოლოგიას უკონკურენტოს ხდის ნავთობისა და გაზის ინდუსტრიაში.

ლიტერატურა

1. Покрепин Б.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений. www.geokniga.org/books/25919. 2015. 125 с.
2. Abubaker H. Alagorni, Zulkefli Bin Yaacob, and Abdurahman H. Nour. An Overview of Oil Production Stages. Enhanced Oil Recovery Techniques and Nitrogen Injection. International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 6, No. 9, September 2015. pp. 693-700.
3. Игнатъев Н.А., Синцов И.А. Опыт и перспективы закачки азота в нефтегазовой промышленности. Научный журнал “Фундаментальные исследования”. №11-4, Москва, 2015. с. 678-682.
4. Маркус С.П. Обзор «забытой технологии» с высоким потенциалом – крупнейший в мире азотный проект на базе IOR на гигантском месторождении Кантарел в Мексике. SPE-171239. 2014.
5. Halliburton. Nitrogen calculatons Course. – Well servisce Nitrogen calculatons. Aberdeen. 2024. 61 p.
6. Effective Mud Density at Various Depths Using Nitrogen. www.rigworker.com.

MAISURADZE NATELA, KHITARISHVILI VALERI, MAISURADZE DAVIT

NITROGEN USE IN OIL AND GAS OPERATIONS

ANNOTATION. The article discusses several options for nitrogen application in the oil and gas industry. Nitrogen gas is useful in maintaining formation pressure in oil fields, expelling gas from the gas cap, stimulating steeply inclined formations, cyclic exploitation of gas condensate deposits, Completion of wells, Cleaning of wells with Coiled Tubing, Circulating low pressure reservoir wells with foam. Described experience of local oil and gas companies in Georgia utilizing nitrogen pumping in welltesting and stimulation.

KEYWORDS: nitrogen; well; oil; gas; coiled tubing; oil recovery; exploitation; pumping.

ალექსანდრე ბეჟანიშვილი, ანა ქათამიძე, მიხეილ სერებრიაკოვი

ეროვნული საკანონმდებლო რეგულაციების მიმოხილვა და ანალიზი შრომის სამართლის და შრომის უსაფრთხოების მიმართულებით

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ეროვნული საკანონმდებლო რეგულაციები - საქართველოს კანონები, საქართველოს მთავრობის დადგენილებები, აგრეთვე საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანებები, რომლებიც შეეხება შრომის სამართლისა და შრომის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებულ საკითხებს. საკანონმდებლო რეგულაციების მიმოხილვისა და ანალიზის საფუძველზე ავტორების მიერ გამოთქმულია რიგი მოსაზრებებისა, კერძოდ, საჭიროა: უფრო ზუსტად გაიმიჯნოს შრომის ინსპექციისა და ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს ზოგიერთი ფუნქცია და მოვალეობა; გაფართოვდეს მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების საზედამხედველო სფერო; ყველა ასეთი ობიექტისთვის დამუშავდეს სტანდარტი ქართულ ენაზე; დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე გადაიხედოს ზოგიერთი ობიექტის ინსპექტირების პერიოდულობის საკითხი; ქვეყნის რიგი მნიშვნელოვანი საწარმოებისთვის (მაღაროები, შახტები, მეტროპოლიტენი, ჰიდროელექტრო-სადგურები, მიწისქვეშა გამოქვაბულები და მღვიმეები) შეიქმნას ერთიანი სამთოსამაშველო სამსახური ქვეყნის სახელმწიფო სტრუქტურაში. აღნიშნული ღონისძიებების გატარების შედეგად ქვეყნის საწარმოებში მნიშვნელოვნად გაიზრდება უსაფრთხოების დონე და შემცირდება უბედური შემთხვევების რაოდენობა.

საკვანძო სიტყვები: საქართველოს კანონი; ტექნიკური რეგლამენტი; სტანდარტი; ინსპექტირება; მთავრობის დადგენილება; დამსაქმებელი; დასაქმებული; შრომის სამართალი; შრომის უსაფრთხოება; შრომის ინსპექცია.

რეცენზენტი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის პროფ. დოქტორი დ. კუპატაძე

მე-20საუკუნის მეორე ნახევარსა და 21-ესაუკუნის დასაწყისში მთელ მსოფლიოში მრეწველობის უმეტეს დარგებში სწრაფი ტემპით განვითარდა და სრულყოფილი იქნა ტექნოლოგიური პროცესები, შეიქმნა ახალი, თანამედროვე მანქანა-დანადგარები. ყოველივე ამის გამო მნიშვნელოვან პროგრესთან ერთად გაიზარდა რისკების დონე საწარმოებში, რაც უშუალოდაა დაკავშირებული ავარიებისა და უბედური შემთხვევების, აგრეთვე პროფესიული დაავადებების გარკვეულ მატებასთან.

შრომის საერთაშორისო ორგანიზაციის (ILO) მონაცემებით მსოფლიოში სამუშაო ადგილებზე ყოველწლიურად დაახლოებით 2.2 მილიონი ადამიანი იღუპება, ხოლო 160 მილიონზე მეტი სხვადასხვა პროფესიული დაავადებით ავადდება.

ამიტომ საკანონმდებლო რეგულაციები შრომის სამართლის მიმართულებით, ისე როგორც საწარმოებში დასაქმებულთა შრომის უსაფრთხოებასა და ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული საკითხები ამჟამად აქტუალურია ისე, როგორც არასდროს.

საქართველოში ბოლო წლებში დამუშავდა და საქართველოს პარლამენტის მიერ მიღებული იქნა რამდენიმე კანონი, რომლებიც უშუალოდაა დაკავშირებული შრომის სამართალთან, შრომის უსაფრთხოებასა და ჯანმრთელობის საკითხებთან. ეს კანონებია: საქართველოს ორგანული კანონი „საქართველოს შრომის კოდექსი“ [1], საქართველოს ორგანული კანონი „შრომის უსაფრთხოების შესახებ“ [2], საქართველოს კანონი „შრომის ინსპექციის შესახებ“ [3], ხოლო მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტებისათვის ტექნიკური უსაფრთხოების სფეროში მოქმედი მთავარი ნორმატიული დოკუმენტია საქართველოს კანონი „პროდუქტის უსაფრთხოებისა და თავისუფალი მიმოქცევის კოდექსი“ [4].

საქართველოს ორგანული კანონი „საქართველოს შრომის კოდექსი“ აწესრიგებს საქართველოს ტერიტორიაზე შრომით ურთიერთობებს. კანონის მიხედვით შრომითი ურთიერთობაა დამსაქმებლისათვის დასაქმებულის მიერ სამუშაოს შესრულება ანაზღაურების სანაცვლოდ. ეს ურთიერთობა კი წარმოიშობა ორ მხარეს შორის მიღწეული შეთანხმებით. ამასთან, დამსაქმებელი შეიძლება იყოს ფიზიკური ან იურიდიული პირი (ან პირთა გაერთიანება), ხოლო დასაქმებული - ფიზიკური პირი, რომელიც დამსაქმებლისათვის ასრულებს გარკვეულ სამუშაოს. შესაძლებელია როგორც ინდივიდუალური, ასევე კოლექტიური შრომითი ურთიერთობები.

ამ კანონის მიხედვით ფიზიკური პირის ქმედუნარიანობა წარმოიშობა 16 წლიდან, ხოლო 16 წლამდე არასრულწლოვანისთვის - მისი კანონიერი წარმომადგენლის ან მზრუნველობის / მეურვეობის ორგანოს თანხმობით, თუ ის არ ეწინააღმდეგება არასრულწლოვანის ინტერესებს. 14 წლამდე არასრულწლოვანთან შრომითი ხელშეკრულება შეიძლება დაიდოს სპორტის, ხელოვნების ან კულტურის სფეროში. ამასთან, აკრძალულია არასრულწლოვანთან ხელშეკრულების დადება, თუ ის უკავშირდება სათამაშო ბიზნესს, ეროტიკული და პორნოგრაფიული პროდუქციის დამზადებას, ასევე აკრძალულია არასრულწლოვანთან ან ორსულ, ახალნაშობიარებ ან მეძუძურ ქალთან შრომითი ხელშეკრულების დადება მძიმე, მავნე ან საშიშპირობებიანი სამუშაოს შესასრულებლად.

კანონის მიხედვით აკრძალულია შრომითი დისკრიმინაცია, ქალი და მამაკაცი დასაქმებულისთვის თანაბარი სამუშაოს შესრულების შემთხვევაში სხვადასხვა შრომის ანაზღაურების გადახდა.

შრომითი ხელშეკრულება შეიძლება დაიდოს ზეპირი ან წერილობითი ფორმით, განსაზღვრული ან განუსაზღვრელი ვადით. თუ შრომითი ურთიერთობის ხანგრძლივობა 1 თვეს აღემატება, შრომითი ხელშეკრულება აუცილებელია წერილობითი ფორმით დაიდოს.

კანონის შესაბამისად შრომით ხელშეკრულებაში აღნიშნული უნდა იყოს: მუშაობის დაწყების თარიღი და ხანგრძლივობა, სამუშაო და დასვენების დრო, ინფორმაცია სამუშაო ადგილის შესახებ, თანამდებობა, სამუშაოს აღწერილობა, შრომის ანაზღაურება, ზეგანაკვეთური სამუშაოს ანაზღაურების წესი, ანაზღაურებადი და ანაზღაურების გარეშე შვებულების ხანგრძლივობა, შრომითი ურთიერთობის შეწყვეტის წესი.

კანონში განხილულია აგრეთვე მუშაობის დაწყებასა ან დასაქმებულის

გამოსაცდელ ვადასა და სტაჟირებასთან დაკავშირებული საკითხები, შრომის შინაგანაწესი - წერილობითი დოკუმენტი, რომლითაც განისაზღვრება სამუშაო კვირის ხანგრძლივობა, სამუშაოს დაწყების და დამთავრების დრო, შვებულებები ორსულობისა და მშობიარობისას ბავშვის მოვლის, ახალშობილის შვილად აყვანის გამო.

კანონში განხილულია დამსაქმებლის ვალდებულებები, რომელიც ითვალისწინებს დასაქმებულის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის მაქსიმალურად უსაფრთხო და ჯანსაღი გარემოს შექმნას, შრომის უსაფრთხოების უზრუნველყოფ პრევენციული სისტემის დანერგვას, დასაქმებულებისათვის ინდივიდუალური და კოლექტიური დაცვის საშუალებებით აღჭურვას.

საქართველოს ორგანული კანონის „შრომის უსაფრთხოების შესახებ“ მიზანია იმ ძირითადი მოთხოვნებისა და პრევენციული ღონისძიებების ზოგადი პრინციპების განსაზღვრა, რომლებიც უკავშირდება სამუშაო ადგილზე არსებულ და მოსალოდნელ საფრთხეებს, უბედური შემთხვევებისა და პროფესიული დაავადებების თავიდან აცილებას, აგრეთვე დასაქმებულთა სწავლებას. აღნიშნული კანონი არეგულირებს სახელმწიფო ორგანოების, დამსაქმებელთა, დასაქმებულთა, მათი წარმომადგენლებისა და სამუშაო სივრცეში მყოფ სხვა პირთა უფლებებს, ვალდებულებებსა და პასუხისმგებლობას.

კანონი ვრცელდება შრომის უსაფრთხოების სფეროში ეკონომიკური საქმიანობის ყველა დარგზე. ამასთან, ის არ ვრცელდება საქართველოს შინაგან, თავდაცვის სამინისტროებზე, სახელმწიფო დაცვის სპეციალურ სამსახურზე, დაზვერვის სამსახურზე, საქართველოს სახელმწიფო უსაფრთხოების სამსახურზე.

კანონით განსაზღვრულია დამსაქმებლის ზოგადი ვალდებულებები. აღნიშნულია, რომ ყოველი პირი, რომელიც ახორციელებს საქართველოს მთავრობის დადგენილებით განსაზღვრულ მომეტებული საფრთხის შემცველ მძიმე, მავნე და საშიშპირობებიან სამუშაოებს, ვალდებულია საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი წესით განახორციელოს შესაბამისი საქმიანობის ეკონომიკურ საქმიანობათა რეესტრში რეგისტრაცია.

დამსაქმებლის ვალდებულებაა აგრეთვე დაიცვას შრომის უსაფრთხოების სფეროში საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი სამართლებრივი ნორმები და წესები, დადგენილი პერიოდულობით შეამოწმოს ტექნიკური აღჭურვილობის უსაფრთხოების მდგომარეობა, საწარმოო გარემოს ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური ფაქტორები; დასაქმებულებს მიაწოდოს ინფორმაცია პროფესიულ რისკებსა და საწარმოო მავნე ფაქტორების შესახებ, აღრიცხოს სამუშაო სივრცეში უბედური შემთხვევები და პროფესიული დაავადებები.

დასახული ამოცანების შესასრულებლად დამსაქმებელი ვალდებულია ჰყავდეს 1 ან მეტი შრომის უსაფრთხოების სპეციალისტი ან შექმნას შრომის უსაფრთხოების სამსახური. თუ დამსაქმებელს 20 ან ნაკლები დასაქმებული ჰყავს, შეუძლია პირადად შეასრულოს შრომის უსაფრთხოების სპეციალისტის პროფესიული მოვალეობები, იმ შემთხვევაში, თუ მას გავლილი აქვს აკრედიტებული პროგრამა. 20-დან 100-მდე დასაქმებულის შემთხვევაში, მას უნდა ჰყავდეს არანაკლებ 1 შრომის უსაფრთხოების სპეციალისტი, ხოლო 100 ან მეტი დასაქმებულის შემთხვევაში - ვალდებულია შექმნას შრომის უსაფრთხოების სამსახური შრომის არანაკლებ 2 უსაფრთხოების სპეციალისტით.

კანონში განხილულია აგრეთვე დასაქმებულის და სამუშაო სივრცეში მყოფი სხვა

პირის უფლებები და ვალდებულებები, შრომის უსაფრთხოების სფეროში სახელმწიფო სტრატეგია და მითითებულია ამ სფეროში სახელმწიფო ზედამხედველობის განმახორციელებელი უწყებები. განსაზღვრულია ადმინისტრაციული სახდელეები ამ კანონის დარღვევისათვის, კერძოდ, საჯარო სასჯელი მომეტებული საფრთხის შემცველი მძიმე, მავნე და საშიშპირობებიანი სამუშაოების რეგისტრაციის გარეშე განხორციელებისას, ზედამხედველი ორგანოს საქმიანობისათვის ხელის შეშლისათვის, სამუშაო პროცესის შეჩერების შესახებ ზედამხედველი ორგანოს გადაწყვეტილების შეუსრულებლობისათვის, ტექნიკური რეგლამენტით განსაზღვრული შრომის უსაფრთხოების ნორმების დარღვევისათვის.

საქართველოს კანონი „შრომის ინსპექციის შესახებ“ განსაზღვრავს შრომის ინსპექციის სამსახურის საქმიანობის ძირითად პრინციპებსა და მიმართულებებს, აღნიშნული სამსახურის უფლებამოსილებებს და მის განხორციელებასა და შრომითი ნორმების ეფექტიანი გამოყენების უზრუნველყოფასთან დაკავშირებულ საკითხებს.

შრომის ინსპექციის სამსახური არის საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს კონტროლისადმი დაქვემდებარებული საჯარო სამართლის იურიდიული პირი, რომელიც შექმნილია „საჯარო სამართლის იურიდიული პირის შესახებ“ საქართველოს კანონის შესაბამისად.

კანონში აღწერილია შრომის ინსპექციის სამსახურის მიზანი, ფუნქციები და მისი საქმიანობის ძირითადი მიმართულებები, აგრეთვე შრომის ინსპექციის სამსახურის სტრუქტურა.

შრომის ინსპექციის სამსახურის მიზანია შრომითი ნორმების ეფექტიანი გამოყენების უზრუნველყოფა. შრომის ინსპექციის სამსახურს ხელმძღვანელობს მთავარი შრომის ინსპექტორი, რომელსაც ჰყავს არანაკლებ 2 მოადგილე, რომელთაგან ერთ-ერთი პირველი მოადგილეა. მთავარ შრომის ინსპექტორთან შექმნილია საკონსულტაციო ორგანო - მრჩეველთა საბჭო, რომელიც შრომის ინსპექციის სამსახურისთვის შეიმუშავებს რეკომენდაციებს შრომის ინსპექციის სამსახურის სტრატეგიის, ფუნქციონირებისა და საქმიანობის შესახებ.

ინსპექტირების განხორციელების მიზნით შრომის ინსპექტორი უფლებამოსილია „ინსპექტირებას დაქვემდებარებულ ობიექტებზე შესვლისა და შემოწმების (ინსპექტირების) წესისა და პირობების დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს მთავრობის დადგენილების შესაბამისად, დღე-ღამის ნებისმიერ დროს, წინასწარი შეტყობინების გარეშე, შევიდეს ინსპექტირებისადმი დაქვემდებარებულ სამუშაო ადგილზე. მას უფლება აქვს შეამოწმოს ან დაათვალიეროს დამსაქმებლის სამუშაო ადგილი ან სამუშაო სივრცე, მასალა, მაქანა-დანადგარი ან ნებისმიერი სხვა მოწყობილობა ან/და ხელსაწყო (მ.16, პ.2, კ). თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ტექნიკურ ინსპექტირებას კანონის მიხედვით ახორციელებს სსიპ - ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტო და აკრედიტებული ინსპექტირების ორგანოები და აღნიშნული საკითხი მათ პრეროგატივას წარმოადგენს. ამიტომ, რომ რიგ შემთხვევებში ხდება დუბლირება - ერთსა და იმავე საკითხს ორი უწყება ამოწმებს, რაც კანონის უხეში დარღვევაა და ხშირად მეწარმე სუბიექტის სამართლიან უკმაყოფილებას იწვევს.

მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ექსპლუატაციის წესებთან შესაბამისობის უზრუნველსაყოფად მნიშვნელოვანია საქართველოს კანონი „პროდუქტის უსაფრთხოებისა და თავისუფალი მიმოქცევის კოდექსი“ [4].

კოდექსის მიზანია ადამიანის სიცოცხლის, ჯანმრთელობის, საკუთრებისა და გარემოს დაცვა, მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ექსპლუატაციის წესებთან შესაბამისობის უზრუნველყოფა, ინსპექტირების ორგანოების საქმიანობისათვის სამართლებრივი ბაზის შექმნა, საჯარო სამართლის იურიდიული პირის -ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს და ინსპექტირების ორგანოების უფლებამოსილებათა გამიჯვნა მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ექსპლუატაციისა და კონტროლის სფეროებში. აგრეთვე სტანდარტიზაციის, მეტროლოგიის, აკრედიტაციის და შესაბამისობის შეფასების სფეროებში საუკეთესო პრაქტიკის დანერგვა და ევროკავშირის კანონმდებლობასთან დაახლოება.

ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტო არის საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს სისტემაში შემავალი საჯარო სამართლის იურიდიული პირი, რომელიც სახელმწიფო მაკონტროლებელი ორგანოა და ამ კოდექსით დადგენილი წესით ახორციელებს ობიექტების სახელმწიფო კონტროლს და ზედამხედველობას. სააგენტო გასცემს განსაკუთრებული მნიშვნელობის ობიექტების მშენებლობის ნებართვას, ახორციელებს ობიექტის რეგისტრაციას ობიექტების უწყებრივ რეესტრში, კოდექსის მე-20 მუხლის მე-3 ნაწილით გათვალისწინებულ შემთხვევებში დამოუკიდებლად ან აკრედიტებული ინსპექტირების ორგანოს მეშვეობით ახორციელებს ობიექტის ტექნიკურ ინსპექტირებას. სააგენტო დამრღვევს აკისრებს ადმინისტრაციულ პასუხისმგებლობას, ახორციელებს ობიექტის ტექნიკური რეგლამენტის მოთხოვნებთან შესაბამისობის შეფასების დოკუმენტურ კონტროლს ტექნიკური ინსპექტირების ოქმებისა და ინსპექტირების ორგანოების ანგარიშების ანალიზების საშუალებით.

ტექნიკური რეგლამენტი მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ინსპექტირების შესახებ [5] ადგენს რისკის კატეგორიებს და განსაზღვრავს ობიექტის გეგმური ტექნიკური ინსპექტირების პერიოდულობას. მთავრობის დადგენილებითაა [6] აგრეთვე განსაზღვრული მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ზღვრული ტექნიკური პარამეტრები.

კანონში [4] მოცემულია ობიექტის სახელმწიფო კონტროლისა და ზედამხედველობის ფორმები, განხილულია შეუსაბამობების სახეები. ამავე კანონით განსაზღვრულია ინსპექტირების ორგანოს უფლება მოვალეობები. აღნიშნულია, რომ ინსპექტირების ორგანოს უნდა ჰქონდეს შესაბამისი პასუხისმგებლობის დაზღვევა.

ტექნიკურ მოთხოვნებთან ობიექტის შესაბამისობის შემთხვევაში ინსპექტირების ორგანო გასცემს ინსპექტირების სერტიფიკატს და სერტიფიკატის ასლს მისი გაცემიდან 5 დღის ვადაში უგზავნის ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს. სააგენტო ობიექტის ტექნიკურ ინსპექტირებას ახორციელებს მხოლოდ იმ სფეროში, სადაც არ არის ინსპექტირების ორგანო. ინსპექტირების ორგანოს აკრედიტებისა და საქმიანობის დაწყებისთანავე სააგენტო წყვეტს შესაბამისი ობიექტის ტექნიკურ ინსპექტირებას.

აღნიშნული კანონით განსაზღვრულია აგრეთვე საჯარიმო სანქციები მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ექსპლუატაციისას უსაფრთხოების წესების დარღვევის შემთხვევაში, ობიექტების ფარულად ექსპლუატაციისას, პერიოდული ტექნიკური ინსპექტირების ჩაუტარებლობის შემთხვევაში, ობიექტზე ავარიის ან უბედური შემთხვევის შესახებ სააგენტოსთვის შეუტყობინებლობისას.

კანონში მოცემულია ტექნიკური რეგლამენტის ზოგადი დებულებები და არსი. აღნიშნულია, რომ ტექნიკური რეგლამენტი განსაზღვრავს ძირითად პრინციპებს, რომლებიც იცავს ადამიანის ჯანმრთელობას, სიცოცხლეს, საკუთრებასა და გარემოს. ტექნიკური რეგლამენტი მიიღება მხოლოდ კანონით ან საქართველოს მთავრობის დადგენილებით. ტექნიკურ რეგლამენტს ამზადებს და მასში ცვლილება შეაქვს სსიპ ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს და ათანხმებს ქვეყნის სხვა დაინტერესებულ უწყებებთან.

კანონის თანახმად სტანდარტი არის ტექნიკური რეგლამენტის მოთხოვნების დაკმაყოფილების საშუალება. ამასთან სტანდარტის გამოყენება ქვეყანაში ნებაყოფლობითია და მწარმოებელს შეუძლია შეიმუშაოს და გამოიყენოს სხვა ტექნიკური დოკუმენტი ტექნიკური რეგლამენტის დაკმაყოფილების მიზნით, გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც ტექნიკურ რეგლამენტში კონკრეტული სტანდარტის შესახებ პირდაპირაა მითითებული. კანონში აღნიშნულია სტანდარტის მიღების პრინციპები, მისი შემუშავების და მიღების წესი. ქვეყანაში სტანდარტის მიღებას უზრუნველყოფს საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს სისტემაში შემავალი საჯარო სამართლის იურიდიული პირი - საქართველოს სტანდარტებისა და მეტროლოგიის ეროვნული სააგენტო.

შრომის უსაფრთხოების სფეროში არსებული პრობლემების დარეგულირებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის რიგი ბრძანებებისა: „მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი მძიმე, მავნე და საშიშპირობებიანი სამუშაოების ჩამონათვალის დამტკიცების თაობაზე“ [7], „ორსული, ახალნაშობიარები და მეძუძური ქალების ჯანმრთელობისათვის მავნე

ან/და განსაკუთრებული რისკის შემცველი სამუშაოების დამტკიცების თაობაზე“ [8], „18 წლამდე ასაკის პირისათვის მძიმე, მავნე და საშიშპირობებიანი სამუშაოების ჩამონათვალის დამტკიცების თაობაზე“ [9].

ზემოაღნიშნული საქართველოს კანონების, სხვა დამხმარე ნორმატიული აქტების და ჩვენს მიერ ჩატარებული ტექნიკური ინსპექტირების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოს კანონით „შრომის ინსპექციის შესახებ“ განსაზღვრულია შრომის ინსპექციის უფლება - მოვალეობები დარეგულირების სფერო, მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ინსპექტირებისას შრომის ინსპექცია რიგ შემთხვევებში იჭრება ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს და ინსპექტირების ორგანოების ფუნქციებში, რაც მეწარმეთა სამართლიან უკმაყოფილებას იწვევს. ამასთან დაკავშირებით საჭიროა შრომის ინსპექციის და ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს ფუნქციების უფრო მკვეთრად გამიჯვნა.

2. სახელმწიფო ზედამხედველობის გარეშე ისეთი მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტები, როგორცაა მეტალურგიული და ქიმიური ქარხნები, აგრეთვე მცენარეული ნედლეულის გადამამუშავებელი და შესანახი საწარმოები.

3. ქვეყნის პრაქტიკულად ყველა მსხვილ სამთო საწარმოს გააჩნია წიაღისეულის გადამამუშავებელი (მამდიდრებელი) ფაბრიკა, რომელიც საწარმოს ერთ მთლიან კომპლექსშია გაერთიანებული. თუმცა დღემდე სამთო გადამამუშავებელი საწარმოები არსებული კანონმდებლობის შესაბამისად სახელმწიფო საზედამხედველო სფეროს არ განეკუთვნება.

4. არ ხდება ზედამხედველობა სამრეწველო დანიშნულების ფეთქებადი მასალების ბრუნვასთან დაკავშირებულ საქმიანობაზე, მათ შორის ფეთქებადი მასალების საწყობში შენახვაზე.

5. არ ხდება ზედამხედველობა გაზის საწარმოებზე, მიუხედავად იმისა, რომ გახშირებულია გაზის გაჟონვის შედეგად გამოწვეული ავარიები და უბედური შემთხვევები. სავარაუდოდ სავალალო მდგომარეობაშია მიწისქვეშა გაზსადენების ელექტროქიმიური დაცვა, რაც მილსადენების ინტენსიურ კოროზიას იწვევს.

6. სისტემატიურად მატულობს ქვეყანაში ავტოგასამართი სადგურებისა და ავტოგასამართი კომპლექსების რაოდენობა. მითუმეტეს გასაკვირია, რომ ამ ობიექტების, ისე როგორც აირგასამართი სადგურების ინსპექტირება დასაშვებია მხოლოდ საქართველოს მთავრობის დადგენილებით განსაზღვრული ავტომატური ვიდეოტექნიკის დამონტაჟების, ტექნიკური მახასიათებლებისა და ექსპლუატაციის მოთხოვნების შესრულებასთან დაკავშირებით.

7. მძიმე მდგომარეობაა შექმნილი ქვეყნის ლიფტების (განსაკუთრებით საცხოვრებელი სექტორის) მეურნეობაში. ამ სფეროში საჭიროა გადაუდებელი ზომების დაუყოვნებლივ პრაქტიკაში გატარება. მისასალმებელია, რომ ამ მიმართულებით ბოლო პერიოდში გარკვეული ნაბიჯები გადაიდგა ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს მხრიდან.

8. მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი რიგი ობიექტების სტანდარტები შესრულებულია რუსულ ან ინგლისურ ენაზე. ასე მაგალითად, მაღაროების, საქვაბეების, ამწეების, წნევაზე მომუშავე ჭურჭლების - რუსულ ენაზე, ატრაქციონების, ლიფტების (EN-81) - ინგლისურ ენაზე, რაც დაუშვებლად მიგვაჩნია.

9. მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველ მთელ რიგ ობიექტებზე დაბალია ობიექტის პროექტის შესრულების დონე, რაც ართულებს ობიექტის ნორმატიულ დოკუმენტაციასთან შესაბამისობის დადგენას.

10. რიგ საწარმოებში დაბალია დასაქმებულთა პროფესიული დონე, რაც უშუალოდ დაკავშირებულია საკანონმდებლო რეგულაციების შესრულების ხარისხთან.

11. ამ სფეროში დაგროვილი პრაქტიკის საფუძველზე საჭიროა გადაიხედოს ზოგიერთი მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტის ტექნიკური ინსპექტირების პერიოდულობის საკითხი (მაგ. კარიერი, ლიფტი, ამწე).

12. ქვეყანაში საჭიროა შეიქმნას ერთიანი სამთო - სამაშველო სამსახური, რომელიც შევა ქვეყნის სახელმწიფო სტრუქტურაში (მაგ. შსს საგანგებო სიტუაციების მართვის სამსახურში) და მოემსახურება ისეთ მნიშვნელოვან ობიექტებს, როგორცაა მაღაროები, შახტები, მიწისქვეშა გამოქვაბულები და მღვიმეები, სადაც ხდება ადამიანთა ორგანიზებული დაშვება, მეტროპოლიტენი, ჰიდროელექტროსადგურები.

ლიტერატურა

1. საქართველოს ორგანული კანონი „საქართველოს შრომის კოდექსი“. თბილისი, 2010, საქართველოს პარლამენტი.
2. საქართველოს ორგანული კანონი „შრომის უსაფრთხოების შესახებ“. თბილისი, 2019. საქართველოს პარლამენტი.
3. საქართველოს კანონი „შრომის ინსპექციის შესახებ“. თბილისი, 2020. საქართველოს პარლამენტი.

4. საქართველოს კანონი „პროდუქტის უსაფრთხოებისა და თავისუფალი მიმოქცევის კოდექსი“. თბილისი, 2012. საქართველოს პარლამენტი.
5. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 10 ივლისის #173 დადგენილება „მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ინსპექტირების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“.
6. საქართველოს მთავრობის 2012 წლის 28 დეკემბრის #488 დადგენილება „მომეტებული ტექნიკური საფრთხის შემცველი ობიექტების ზღვრული ტექნიკური პარამეტრების დადგენის შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“.
7. საქართველოს მთავრობის 2018 წლის 27 ივლისის #381 დადგენილება „მომეტებული საფრთხის შემცველი მძიმე, მავნე და საშიშპირობებიანი სამუშაოების დამტკიცების თაობაზე“.
8. ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2020 წლის 14 თებერვლის # 01-20/ნ ბრძანება „ორსული, ახალნამშობიარები და მეძუძური ქალების ჯანმრთელობისათვის მავნე ან/და განსაკუთრებული რისკის შემცველი სამუშაოების დამტკიცების თაობაზე“.
9. საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2020 წლის 30 ნოემბრის #01-126/ნ ბრძანება „18 წლამდე ასაკის პირისათვის მძიმე, მავნე და საშიშპირობებიანი სამუშაოების ჩამონათვალის დამტკიცების თაობაზე“.

BEZHANISHVILI ALEKSANDRE , KATAMIDZE ANA, SEREBRIAKOV MIKHEIL

SURVEY AND ANALYSIS OF NATIONAL LEGISLATIVE DOCUMENTS ON LABOUR LAW AND LABOUR SAFETY

ANNOTATION. National legislative acts - Georgian Laws, Georgian Government resolutions, as well as Orders of Ministry of Internally displaced persons from occupied territories, Labour, Health and Social Affairs of Georgia concerning labour law and labour safety are considered. On the basis of survey and analysis of these legislative acts the authors of this article express their view, namely, it's necessary: enlarge sphere of supervision over the objects with heightened technical danger; for every danger object elaborate standard in Georgian; on the basis of accumulated experience revise the periodicity of inspection of some objects; for some important enterprises of Georgia (mines, caves, metro, hydroelectric power stations) create mine – rescue service within the limits of state institution. Owing to these measures the level of technical safety will increase and the number of accidents will decrease.

KEYWORDS: Georgian law; technical regulations; standard; inspect; government resolution; employer; employee; labour law; labour safety; labour inspection.

გიორგი ბალიაშვილი, ნებული სარჯველაძე, ლაშა ტყემალაძე

ბეტონში წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მარეგულირებელი ქიმიური დანამატების შესახებ

ანოტაცია. სტატიაში აღნიშნულია, რომ ბეტონის სხვადასხვა ხელოვნური და ბუნებრივი ფაქტორების ზემოქმედების პირობებში უსაფრთხო საექსპლოატაციო ვადის გახანგრძლივების მიზნით გამოიყენება სათანადო ქიმიური დანამატი. წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მაკონტროლებელი ქიმიური დანამატის გამოყენებით, ძირითადად, ხდება ბეტონის ნარევის პლასტიკურობის გაზრდა. ამგვარად მარტივდება ბეტონის ნარევის ტრანსპორტირება, სამშენებლო ყალიბში განთავსება და გამყარება. შესაძლებელია ბეტონის გამყარების ვადის კონტროლი კლიმატური პირობების შესაბამისად. აღნიშნული დანამატის შერჩევის მიზნით საჭიროა ლაბორატორიული და სავსესე ცდების ჩატარება. აუცილებელია სათანადო სამეცნიერო - კვლევითი სამუშაოების ჩატარება წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მაკონტროლებელი ქიმიური დანამატის ბეტონის თვისებებზე ზემოქმედების მექანიზმის დადგენისა და გამოყენების შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: ბეტონი; ნარევი; კვლევა; ქიმიური; დანამატი.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის საბაგრო სისტემების ლაბორატორიის უფროსი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, აკად. დოქტორი გ. ნოზაძე

ბეტონი, ერთ-ერთ თანამედროვე, ფართოდ გამოყენებად სამშენებლო მასალას წარმოადგენს. ამასთან აღსანიშნავია, რომ ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების ზემოქმედებით ხდება მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შემცირება და რღვევა.

ბუნებრივ ფაქტორებს, ძირითადად, მიეკუთვნება: გაყინვა - ლღობის და დასველება - შრობის ციკლების ზემოქმედება; მიწისძვრის, მეწყერის, ღვარცოფის და ზღვის ღელვის მოვლენებით წარმოქმნილი დარტყმითი ზემოქმედება. ხელოვნურ ფაქტორებს, ძირითადად მიეკუთვნება: ნარევი არასტანდარტული თვისებების მქონე და არასტანდარტულად შერჩეული მასალის გამოყენება; წყალ/ცემენტის ფაქტორის, წყლის შემამცირებელი, შეკავშირების ვადის, ყალიბში განთავსების და გამყარების მარეგულირებელი დანამატების უგულვებლყოფა; ნარევის არასტანდარტული ტრანსპორტირება ქარხნიდან და განთავსება სამშენებლო ყალიბში მოვლა გამყარების პერიოდში, განსაკუთრებით საწყის ეტაპზე; ჭურვის აფეთქების ტალღის დარტყმითი ზემოქმედება.

ქიმიური დანამატების გამოყენება ბეტონის თვისებების გაუმჯობესების ერთ-ერთ გზას წარმოადგენს [1, 2, 3, 4, 5].

ქიმიური დანამატი (შემდგომ ტექსტში - დანამატი) წარმოადგენს სპეციალურად

დამზადებულ, გარკვეული თვისებების მქონე ნივთიერებას, რომელიც ემატება ბეტონის ხსნარში მის არევამდე, არევის შემდეგ, ან არევის დროს.

სტატიის მიზანია ბეტონში წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მარეგულირებელი დანამატების საკითხის მოკლე მიმოხილვა, რაც ერთ-ერთ თანამედროვე, სამეცნიერო ტექნიკურ პრობლემას წარმოადგენს.

წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მარეგულირებელი დანამატები აუმჯობესებს ბეტონის ნარევის თვისებებს. კერძოდ, მისი ზემოქმედების შედეგად ხდება ნარევის პლასტიკურობის გაზრდა. ამგვარად მარტივდება ბეტონის ნარევის ტრანსპორტირება და განთავსება. მათი გამოყენებით შესაძლებელია ბეტონის გამყარების ვადის კონტროლი კლიმატური პირობების შესაბამისად.

ბეტონის სიმტკიცის გაზრდა, პირველ რიგში, დამოკიდებულია წ/ც ფაქტორზე. უფრო სწორად მის შემცირებაზე და ცემენტის ხარისხზე, ამიტომ წყლის შემცირება მოცემული ჰაერის შემცველობის პირობებში პირდაპირ კავშირშია წყალშემამცირებელ დანამატის გამოყენებასთან, რაც იწვევს სასურველ ჯდენადობას, ადვილად განთავსებას და სიმტკიცის გაზრდას. [6, 7].

აღსანიშნავია, რომ ზედმეტი წყალი იწვევს ბეტონის სიმტკიცის დაქვეითებას და რღვევას. როდესაც წ/ც -ის თანაფარდობა მცირდება, ხდება სიმტკიცის, ყინვამედეგობის გაზრდას (ჰაერშემყვანთან ერთად) და სითხეების შეღწევადობის შემცირებას.

ყველა წყალდამწვევი დანამატის გვერდით ეფექტს წარმოადგენს ბეტონის შეკავშირების ვადის შემცირების ტენდენცია [4].

ბეტონში წყლის შემამცირებელი, გავრცელებული, ნაერთებია:

1. ლიგნოსულფონის მჟავები და მათი მარილები;
2. ჰიდროქსილირებული პოლიმერები;
3. ჰიდროქსილირებული კარბოქსილის მჟავები და მათი მარილები;
4. სულფონირებული მელამინი ან ნაფთალინ ფორმალდეჰიდ კონდენსატები;
5. პოლიეთერ-პოლიკარბოქსილატები.

თითოეულმა ნაერთმა, სხვადასხვა პირობებში და ინგრედიენტთან კავშირში, შეიძლება გამოავლინოს ისეთი უარყოფითი თვისება, რომელიც გამოყენებამდე არ იყო ცნობილი. მაგალითად ჰაერის შეწოვა, ცემენტის რძის გამოყოფა და მოპირკეთების გაძნელება, ამიტომ ძნელია ნაერთის ბეტონის ხარისხზე ზემოქმედების პროგნოზირება.

ამგვარი მოულოდნელი, უარყოფითი მოვლენების თავიდან აცილების მიზნით შესაძლებელია სტანდარტის ASTM C494 [5] მოთხოვნების გამოყენება და გათვალისწინება.

აღსანიშნავია, რომ სტანდარტი ASTM C494 [5] არ მოიცავს ბეტონის ნარევის ყველა, შესაძლო, მოთხოვნას. ამიტომ საჭიროა დამატებითი, კონკრეტული, ცდების ჩატარება გამოყენების პირობების და სხვა მოთხოვნების დაკმაყოფილება-გათვალისწინების მიზნით.

დანამატების სწორად შერჩევა და გამოყენება იწყება ხელმისაწვდომი სხვადასხვა ტიპის და ბრენდების შესახებ ინფორმაციის შეგროვებით და შედარებით.

ყოველივე ამგვარი მასალის შეგროვების და გაცნობის შემდეგ ხდება კონკრეტული ცდების ჩატარება.

ლაბორატორიული ცდები უნდა ჩატარდეს ბეტონზე წყლის შემამცირებელი დანამატის გამოყენებით. უნდა დადგინდეს ზემოქმედება ისეთ თვისებებზე როგორცაა: ნარევის ჯდენადობა, ცემენტის რძის გამოსვლა, გამყარების დრო, სიმტკიცე კუმშვაზე და ღუნვაზე, გაყინვა - ლღობის ციკლების ზემოქმედებისგან

დაცვა და სხვა.

ლაბორატორიული კვლევის შემდეგ აუცილებელია სავსე ცდების ჩატარება. ამ დროს დგინდება, თუ როგორი შედეგი მიიღება დანამატის გამოყენებით რეალურ გარემოში ყველა შესაბამისი პირობების გათვალისწინებით. მაგალითად, ნარევის გამანაწილებელი მოწყობილობა, ამინდი, მიწოდების მანძილი და სხვა.

დასასრულს შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი:

1. ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების ზემოქმედებით ხდება ბეტონის უსაფრთხო ექსპლოატაციის ვადის შემცირება, რღვევა და მწყობრიდან გამოსვლა.
2. ბეტონის სხვადასხვა გარემო პირობებში უსაფრთხო ექსპლოატაციის ვადის გახანგრძლივების მიზნით გამოიყენება შესაბამისი დანამატი.
3. ბეტონში წყლის შემამცირებელ და შეკავშირების მარეგულირებელი დანამატის ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია ბეტონის გამყარების ვადის კონტროლი კლიმატური პირობების შესაბამისად.
4. ბეტონში წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მარეგულირებელი დანამატის შერჩევის მიზნით, აუცილებელია კონკრეტული ლაბორატორიული და სავსე ცდების ჩატარება.
5. ბეტონში წყლის შემამცირებელი და შეკავშირების მარეგულირებელი დანამატის ზემოქმედების მექანიზმის დადგენის კვლევა და გამოყენება, სათანადო პირობების გათვალისწინებით, ერთ - ერთ თანამედროვე აქტუალურ, კონკრეტულ პრობლემას წარმოადგენს. ამიტომ საჭიროა ამ მიმართულებით სათანადო სამეცნიერო - კვლევითი სამუშაოების ჩატარება.

ლიტერატურა

1. გ. ბალიაშვილი, ფ. ბეჟანოვი, ნ. სარჯველაძე, ლ. ტყემალაძე, ვ. წიკლაური. ბეტონის სიმტკიცის მატების დამაჩქარებელი დანამატების მიმოხილვა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2(20), თბილისი, 2020. გვ. 57-58.
2. გ. ბალიაშვილი, ნ. სარჯველაძე, თ. რუხაძე, ლ. ტყემალაძე. ბეტონის ქიმიური დანამატების დახასიათება. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2(18), თბილისი, 2018. გვ. 44-47.
3. გ. ბალიაშვილი, ნ. სარჯველაძე, ე. შაფაქიძე. ყინვამედეგი ბეტონის დამზადების მეთოდების მიმოხილვა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2(18), თბილისი, 2018. გვ. 48-52.
4. ACI Education Bulletin E4-12. Chemical Admixtures for Concrete. First Printing January 2013.
5. ASTM C494/C494M-19 Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
6. Duff A. Abrams. Design of Concrete Mixtures the effect of the water content and the grain size and grain size distribution on the compressive strength of concrete. Test methods for the water-cement ratio and fineness modulus. <https://en.google-info.org/2634416/1/duff-abrams.html>.
7. Baliashvili G., Bezhanov F., Sarjeladze N., Tkemaladze L. Influence of water/cement factor on the strength of concrete overview of the mechanism. 7th International Scientific-Practical Conference on Up-to-date Problems of Geology. 28-29 October. Tbilisi, 2021.

BALIASHVILI GIORGI, SARJVELADZE NEBULI, TKEMALADZE LASHA

**ABOUT WATER-REDUCING AND SET CONTROLLING
CHEMICAL ADMIXTURES IN CONCRETE**

ANNOTATION. The article states that in order to prolong the safe service life of concrete under the influence of various artificial and natural factors, an appropriate chemical admixtures is used. Using water-reducing and bonding control chemical admixtures mainly reduces the frictional force between the cement particles. This simplifies the transportation of the concrete mixture, its placement in the construction formwork, and its reinforcement. It is possible to control the setting time of concrete according to climatic conditions. Laboratory and field tests are required to select this supplement. It is necessary to carry out proper scientific-research work on the establishment and application of the mechanism of influence of the water-reducing and bonding control chemical additive on the properties of concrete.

KEYWORDS: concrete; mixture; research; chemical; admixture.

ლევან ლელუაშვილი, თეიმურაზ ფირცხალავა, სვეტლანა სტერიაკოვა, გიორგი ლელუაშვილი

ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია ტენიან, ნაკლებ მჟავიან, ნეიტრალურ და ტუტოვან გარემოში

ანოტაცია. სტატიაში გაანალიზებულია გალვანური ელემენტის მუშაობის ანოდური, გარდამავალი და კათოდური პროცესები. განხილულია ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია ტენიან, ნაკლებ მჟავიან, ნეიტრალურ და ტუტოვან გარემოში. მოცემულია მიწისქვეშა მილსადენის კოროზიის სქემა ნიადაგის აერაციის სხვადასხვა პირობებში. განიხილება მიწისქვეშა კოროზიის სხვადასხვა პირობებში კოროზიის პროცესის მონიტორინგის შემთხვევები: ნიადაგისეული კოროზია უპირატესი კათოდური კონტროლით; კოროზია ფხვიერ, მშრალ ნიადაგებში (ანოდური კონტროლი); გრძელვადიანი კოროზია (გაბატონებული ომური კონტროლი).

საკვანძო სიტყვები: კოროზია; მიწისქვეშა მილსადენები; ანოდური პროცესი; შუალედური პროცესი; კათოდური პროცესი; ნიადაგისეული ელექტროქიმიური კოროზია.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ფეთქებადი მასალების კვლევის და აფეთქების ტექნოლოგიების ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თან., აკად. დოქტორი, მ. ნადირაშვილი.

შესავალი

პროცესის მიმდინარეობის მიხედვით ანსხვავებენ ლითონის კონსტრუქციების ორი სახის კოროზიას: ქიმიურს და ელექტროქიმიურს [1]. ქიმიური კოროზია არის მეტალის ზედაპირის ურთიერთქმედება კოროზიულად აქტიურ გარემოსთან, რასაც არ მოსდევს ფაზათასახვდვარზე ელექტროქიმიური პროცესების წარმოქმნა. ამ შემთხვევაში დაჟანგული ლითონის ურთიერთქმედება და კოროზიული გარემოს დამჟანგველი კომპონენტის აღდგენა ერთ აქტში მიედინებიან. ამ სახეობას განეკუთვნებიან გაზით გამოწვეული კოროზია და კოროზია არაელექტროლიტებში. გაზით გამოწვეული კოროზია, როგორც წესი შეპირობებულია ლითონისა და ჟანგბადის ურთიერთქმედებით მაღალ ტემპერატურაზე ლითონის ზედაპირზე ნესტის არ არსებობის დროს, რასაც თან სდევს ჟანგის, ხენჯისა და ფოლადის გაუნახშირბადოების წარმოქმნა (მაგალითად: წვის კამერის, გაზის ტურბინების ნიჩბების, აირძრავკომპრესორების და შიგაწვის ძრავების კოროზია და სხვა) [2].

ლითონის კოროზია არაელექტროლიტებში, ე.ი. სითხეები, რომლებიც არ ატარებენ ელექტროდენს შეპირობებულია ლითონის აგრესიულ კომპონენტებთან ურთიერთმოქმედებით, რასაც თან სდევს ამ კომპონენტების ლითონთან სხვადასხვა შენაერთების წარმოქმნა (მაგალითად: ლითონის მილსადენის შიგაზედაპირის კოროზია, რომლითაც ხდება ტრანსპორტირება ორგანული გამხსნელების, ნავთობის,

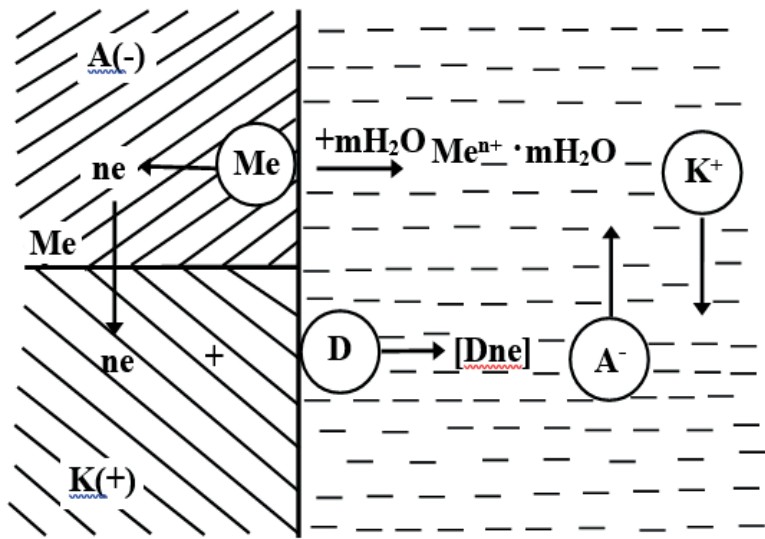
მაზუთის, ნავთის და სხვა) [3].

კოროზიულ გარემოში შექმნილი გალვანური ელემენტების ზემოქმედების ქვეშ ლითონის დაშლას ელექტროქიმიური კოროზია ეწოდება. ელექტროქიმიური კოროზია, ეს არის პროცესი, რომელსაც თან სდევს ლითონში და მის გარემომცველ გარემოში ელექტრო მუხტების გადაადგილება, ე.ი. პროცესს თან სდევს ელექტრო დენის გავლა. ქიმიური კოროზიისაგან განსხვავებით აქ წარმოიქმნება რეაქციის ორი მიმართულება - კათოდური და ანოდური. ელექტროქიმიური კოროზიის ნაირსახეობებია [4]:

- ატმოსფერული კოროზია, რომელიც წარმოიქმნება ლითონზე ნოტიო ჰაერის ან გაზის ზემოქმედების შედეგად;
- სითხით გამოწვეული კოროზია, რომელიც წარმოიქმნება დენგამტარ სითხეებში, როგორცაა: ზღვის წყალი, მჟავის ხსნარები, ტუტეები და მარილები;
- ნიადაგისეული ან მიწისქვეშა კოროზია, რომელიც წარმოიქმნება მიწაში ჩადებული ლითონის ხაზოვანი დანადგარების ან კონსტრუქციის ზედაპირზე;
- ელექტროკოროზია, რომელიც წარმოიქმნება გარე დენის წყაროს ან მოხეტიალე დენების ზემოქმედების შედეგად.

ძირითადი ნაწილი

ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესის დროს მონაწილეობას იღებენ ლითონები, რომლებიც კარგად ატარებენ ელექტრო დენს მასში არსებული უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკების ხარჯზე ე.წ. თავისუფალი ელექტრონები და ელექტროლიტები - მარილიანი წყლის ხსნარები, მჟავები, ტუტეები და აგრეთვე წყალი, რომელიც ატარებს დენს მასში არსებული მოლეკულა-იონების გახლეჩილი ნაწილების ხარჯზე, რომელთა ერთ ნაწილს გააჩნია დადებითი მუხტი (კათიონები) და მეორეს - უარყოფითი (ანიონები). უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროქიმიური კოროზია



ნახ. 1. ნიადაგისეული ელექტროკოროზიის სქემა

ყოველთვის წარმოიქმნება ლითონისა და ელექტროლიტის გამყოფ ზღვარზე და არ არის დამოკიდებული ელექტროლიტის ბუნებაზე, იქნება ეს სუფთა წყალი

თუ მარილიანი. არა აქვს არსებითი მნიშვნელობა აგრეთვე ელექტროლიტის რაოდენობას. ელექტროქიმიური კოროზიის მიმდინარეობის ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს ლითონის ზედაპირზე მისი იონიზაციის ანოდური რეაქციის და იონების ან მოლეკულების აღდგენის კათოდური რეაქციის შენაცვლების აუცილებლობა (ნახ. 1) [5].

ელექტროქიმიური კოროზიის თეორიის საფუძველზე ელექტროლიტის ხსნარში ჩადებული ელექტროდი ელექტროლიტთან შეხების ადგილებში გადასცემს დადებითად დამუხტულ იონებს ელექტროლიტის ხსნარს, ხოლო თავისუფალი ელექტრონები რჩებიან ლითონის ზედაპირზე. ამის შედეგად ელექტროდის მომიჯნავე ელექტროლიტების ხსნარის ფენა იმუხტება დადებითად, ხოლო ელექტროდი - უარყოფითად და მათ შორის მყარდება პოტენციალთა სხვაობა, რომლის სიდიდე არაერთგვაროვანია სხვადასხვა ლითონებისთვის [6].

იონების სახით ლითონის ელექტროლიტის ხსნარში გადასვლის თვისების რიცხოვრივ შეფასებას ემსახურება ე.წ. ნორმალური ელექტროდული პოტენციალი. ნორმალური ელექტროდული პოტენციალი წარმოადგენს კათიონების ხსნარში გადასვლის ენერჯიის საზომს. რაც უარყოფითია ლითონის პოტენციალი, მით ნაკლებად ინარჩუნებს თავის კათიონებს და მით მეტადაა მიდრეკილი კოროზიისაკენ. პოტენციალის დადებითი სიდიდე მიუთითებს ლითონის კოროზიულ სიმტკიცეზე, ე.ი. ლითონი დადებითა ელექტროლიტის ხსნართან შედარებით და მისგან იღებს დადებით იონებს [7].

ელექტროლიტის ხსნარში მოთავსებული გალვანური ელემენტების მუშაობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი პროცესებით [5, 6, 7]:

ანოდური პროცესი - არაკომპენსირებული ელექტრონების წარმოქმნა ლითონის ანოდური უბნების სიახლოვეს და ელექტროლიტში ლითონის ჰიდრატირებული იონების წარმოქმნა ან სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ უფრო მეტად უარყოფითი ლითონი იონიზირდება ე.ი. გადადის ხსნარში ჰიდრატირებული (გაწყლოვანებული) დადებითად დამუხტული იონების სახით, რაც პირობითად შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი ფორმულით:



სადაც: M არის ნეიტრალური ლითონი; m - წყლის მოლეკულების აოდენობა; M^{n+} - ხსნარში გადასული ლითონის დადებითად დამუხტული იონი; n - ლითონში დარჩენილი ელექტრონების რაოდენობა;

შუალედური პროცესი - ჭარბი ელექტრონების გადადინება ლითონის ანოდური უბნიდან კათოდურ უბანში და კათიონებისა და ანიონების შესაბამისი გადაადგილება;

კათოდური პროცესი - იონების ან ელექტრონების მოლეკულების (დეპოლარიზატორების) მიერ ელექტრონების წართმევა. მაგალითად ელექტრონები გადადის წყალბადის იონებში და წარმოიქმნება წყალბადი



რომელიც გამოდის ხსნარიდან ბუშტუკების სახით. ასეთ პროცესს უწოდებენ კოროზიულ პროცესს წყალბადის დეპოლარიზაციით და იგი მიმდინარეობს მკავურ ელექტროლიტებში.

ჟანგბადის და მცირე კონცენტრაციის წყალბადის იონების მქონე გარემოში

კათოდთან რეაქცია მიმდინარეობს ჟანგბადისთვის ელექტრონების გადაცემით და მისი გარდაქმნით ჰიდროქსიდის იონად:



მსგავს პროცესს უწოდებენ კოროზიულ პროცესს ჟანგბადის დეპოლარიზაციით.

ასეთი გალვანური კოროზიული ელემენტის მუშაობის დროს ანოდი უწყვეტად გასცემს ლითონის იონებს და იშლება. კათოდზე კი ლითონის იონები კომპენსირდება ელექტრონებით და კათოდის დაშლა არ ხორციელდება.

ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია. მიწისქვეშა ლითონის ხაზოვანი დანადგარები და კონსტრუქციები იმყოფებიან მათზე გარშემორტყმული გრუნტის ზემოქმედების ქვეშ. გრუნტი თავისი სტრუქტურით არის არაერთგვაროვანი და შედგება მყარი ნაწილაკებისა და ნიადაგის ელექტროლიტისგან.

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ ნიადაგით გამოწვეულ კოროზიის ინტენსივობას შემდეგია: გრუნტის ტიპი; გრუნტში ხსნადი ნივთიერებების კონცენტრაცია და შემადგენლობა; გრუნტში ჰაერის შეღწევადობის ხასიათი; გრუნტის სტრუქტურა; გრუნტში ბაქტერიების არსებობა, რომლებიც ააქტიურებენ კოროზიის პროცესს; გრუნტის ტემპერატურა და ხვედრითი წინააღმდეგობა.

გრუნტები მისი წარმოქმნის პირობებიდან გამომდინარე იყოფიან: თიხოვან და მტვრისებრ (თიხა, ქვიშა, თიხნარი, ლიოსი), მონატეხისებრ (კენჭნარი, ღორღი, ხრეში), ტორფიან, ხელოვნურ და ნაყარ გრუნტებად.

ბუნებრივი გრუნტების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა აქვს მის ბმულობას, რომლის ქვეშ იგულისხმება ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთკავშირი. გრუნტის ბმულობა იზრდება მასში შემავალი ცალკეული ნაწილაკების ზომების შემცირებისას. ბუნებრივ გრუნტებში მეტი კოროზიული აქტივობით გამოირჩევიან თიხოვანი, მლაშე, მტვრისებრი და ტორფიანი გრუნტები.

იმისდა მიუხედავად, რომ ხელოვნური და ნაყარი გრუნტები გვხვდებიან იშვიათად, სწორედ ისინი უნდა განვიხილოთ, როგორც განსაკუთრებულად საშიშნი კოროზიის თვალსაზრისით.

გრუნტში გახსნილ ნივთიერებათა შემადგენლობა და კონცენტრაცია განსაზღვრავს ნიადაგის ელექტროლიტის თვისებებს.

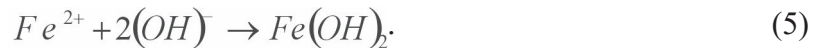
გრუნტის კოროზიული აქტივობის ერთ-ერთ მაჩვენებელს ფოლადთან მიმართებაში წარმოადგენს CE^- და S_4^{2-} იონების კონცენტრაცია. მათი ჯამური რაოდენობა გრუნტში თუ შეადგენს 0,1%-ზე მეტს, როგორც წესი, მიუთითებს მის მაღალ კოროზიულ აქტივობაზე. კოროზიის საშიშროება აგრეთვე დამოკიდებულია გრუნტის წყლით გაჯერების სიდიდეზე.

რკინის ანოდური დაშლის პროცესი ტენიან გრუნტებში შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი განტოლებით

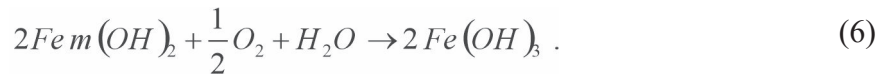


სადაც: $Fe \cdot m \cdot H_2O$ არის გრუნტის ელექტოლიტში გარდამავალი რკინის ჰიდრატირებული (გაწყლოვანებული) იონი; e - ლითონის ზედაპირზე დარჩენილი ელექტრონები.

ნეიტრალური ან ტუტიანი თვისებების მქონე ძალზე ტენიან გრუნტებში ჟანგბადის უკმარობისას წარმოიქმნება თეთრი ფერის ქვეჟანგის ჰიდრატი



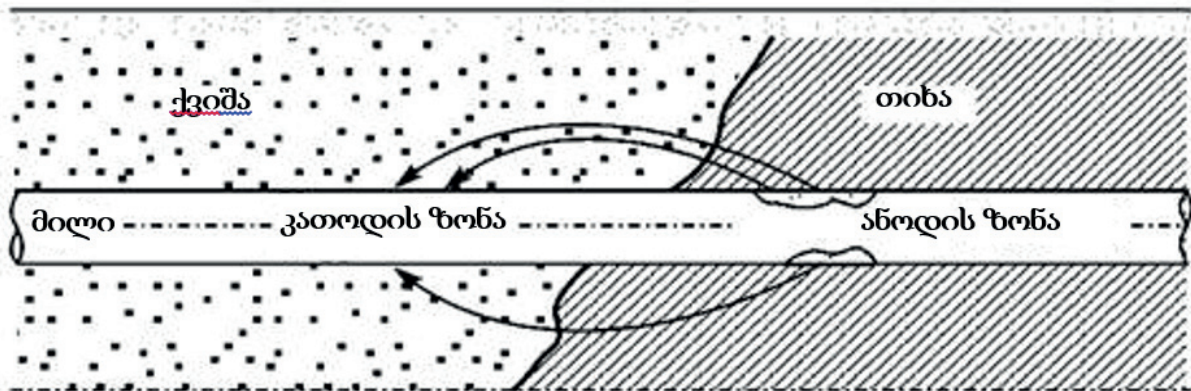
ნოტიო გრუნტებში ჟანგბადის არსებობისას ანოდურ უბნებზე რკინის ქვეჟანგის ჰიდრატი შესაძლებელია დაიჟანგოს და წარმოიქმნას მურა-წითელი ფერის რკინის ქვეჟანგის ჰიდრატი, რომელიც ძნელად სცილდება რკინის ზედაპირს:



ტენიან, ნაკლებ მჟავიან, ნეიტრალურ და ტუტოვან გრუნტებში კათოდური პროცესი მიმდინარეობს ჟანგბადის დეპოლარიზაციით - ჟანგბადის აღდგენით და მისი გადასვლით იონურ მდგომარეობაში.

ძლიერმჟავიან ტენიან გრუნტებში წყალბადის იონების მაღალი აქტივობის კათოდური პროცესი მიმდინარეობს წყალბადის დეპოლარიზაციით განტოლება (2)-ის მიხედვით.

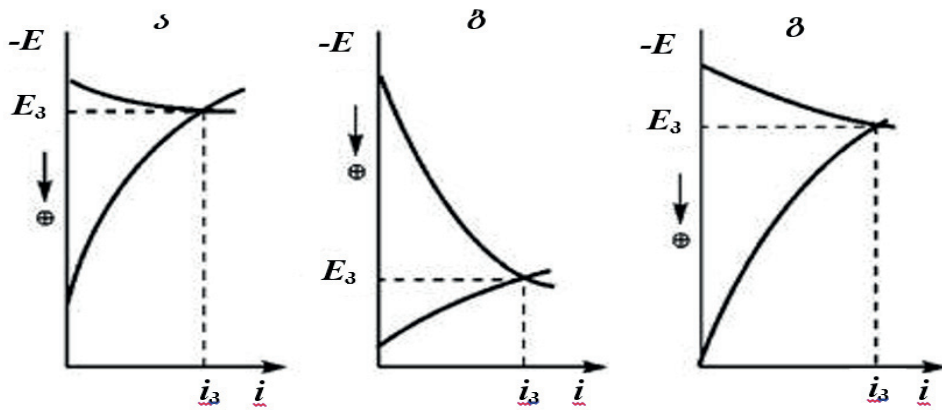
ნიადაგში მჟავის, ტუტის, სტრუქტურის შემჭიდროვებისა და სინოტივის არსებობაზე დამოკიდებულებით მისი ელექტროქიმიური თვისებები, როგორც კოროზიული გარემოსი, იცვლება დიდ ფარგლებში.



ნახ. 2. მიწისქვეშა მილსადენის კოროზიის სქემა ნიადაგის აერაციის სხვადასხვა პირობებში

კოროზიის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ჰაერშედწევადობა. ამ მიზეზით ქვიშნარი უფრო აგრესიულია, ვიდრე თიხნარი. თუ მილსადენი თანმიმდევრულად გაყვანილია ჯერ თიხნარში, შემდეგ კი ქვიშნარში, განსხვავებული აერაციის გამო წარმოიქმნება მიკროგალვანური კოროზიული ზონები: თიხოვან უბანზე - ანოდური, ქვიშნარზე - კათოდური (ნახ. 2). ლითონის რღვევა მიმდინარეობს იმ უბნებზე, სადაც შეზღუდულია ჟანგბადის მიწოდება [8].

უმეტესწილად ნიადაგებში კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს კათოდური დამუხრუჭებით ჟანგბადის მიწოდების სიმცირის გამო (ნახ. 3 ა). ფხვიერ, კარგად აერირებად ნიადაგებში აღინიშნება ანოდური დამუხრუჭება (ნახ. 3 ბ). კოროზიული წყვილების წარმოქმნის შემთხვევაში, როდესაც ანოდური და კათოდური უბნები მნიშვნელოვნად დაშორებულია ერთმანეთისაგან, პროცესი ხასიათდება ომური დამუხრუჭებით (ნახ. 3 გ) [9].



ნახ. 3. სხვადასხვა პირობებში ნიადაგის კოროზიის პროცესის მონიტორინგის შემთხვევები:
 ა) ნიადაგის კოროზია უპირატესი კათოდური კონტროლით; ბ) კოროზია ფხვიერ, მშრალ ნიადაგებში (ანოდური კონტროლი); გ) გრძელვადიანი კოროზია (ომური კონტროლი)

ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობა R_g მნიშვნელოვნად მოქმედებს გრუნტის კოროზიულ აგრესიულობაზე (ცხრ. 1). თავის მხრივ R_g -ს სიდიდეზე გავლენას ახდენს გრუნტის ტენიანობა, მინერალოგიური და გრანულომეტრული შედგენილობა. მაგალითად, თიხის გრუნტისათვის მშრალ მდგომარეობაში $R_g = 240$ ომ·მ, ხოლო ტენიან მდგომარეობაში - $R_g = 9$ ომ·მ [10].

ცხრილი 1

გრუნტის კოროზიული აგრესიულობის დამოკიდებულება ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობისაგან [10]

კუთრი წინააღმდეგობა, ომ·მ	< 5	5-10	10-20	20-100	>100
გრუნტის აგრესიულობა	განსაკუთრებით მაღალი	მაღალი	მომატებული	საშუალო	დაბალი

მიწისქვეშ მოთავსებული ლითონის კონსტრუქცია იშლება იმ ადგილებში, საიდანაც დენი გადადის მიწაში (ანოდური ზონა). კოროზირებული ლითონის რაოდენობა შეიძლება გამოითვალოს ელექტროლიზისთვის ფარადეის ფორმულით [11]:

$$G = K \cdot J \cdot t, \quad (7)$$

სადაც: G არის კოროზირებული ლითონის რაოდენობა, გრამებში; K - ლითონის ელექტროქიმიური ექვივალენტი (გრ/ა.სთ); J - დენის ძალა წრედში, ამპერი; t - დენის გავლის დრო, სთ.

ელექტროქიმიური ექვივალენტი ზოგიერთი ლითონისთვის შეადგენს: რკინა -1,04; ცინკი - 1,22; მაგნიუმი - 0,45; ალუმინი -0,335 გრ/ა.სთ.

მაგალითად: ერთი ამპერი დენის მიერ ერთი საათის განმავლობაში დაჟანგული და გამოტანილი იქნება შემდეგი რაოდენობის რკინა

$$G_{Fe} = 1,04 \frac{\text{გრ}}{\text{ა.სთ}} \cdot 1 \text{ა} \cdot 1 \text{სთ} = 1,04 \text{გრ}, \quad (8)$$

შესაბამისად 1 წელიწადში

$$G_{Fe} = 1,04 \frac{\text{გრ}}{\text{ა.სთ}} \cdot 24 \cdot 365 = 9110 \approx 9,11 \text{ კგ}. \quad (9)$$

ანოდური დამმინებლები, რომლებიც გამოიყენებიან მიწაში განთავსებული ხაზოვანი დანადგარებისა და კონსტრუქციების დასაცავად, მათი მუშაობის ხანგრძლივობის ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს მისი მასალის მდგრადობა ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაშლის მიმართ. ლითონის ანოდური დამმინებლის ზედაპირიდან დენის გადინებისას მიწაში ხორციელდება ან ლითონის იონიზაცია (1) განტოლების მიხედვით ან ჟანგბადის ანოდური გამოყოფა



ფოლადის დამმინებლის დროს იონიზაციის შედეგად წარმოებს რკინის ელექტროლიტური დაშლა მისი გადასვლით გარშემორტყმულ გარემოში ორ ვალენტთან იონებად



ამიტომ ანოდური დამმინებლის დაშლის პროცესის სიჩქარის შესამცირებლად იყენებენ მდგრად მასალებს სპეციალურ დანაყართან ერთად.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნახშირბადიანი ჩანაყარი გამოიყენება მხოლოდ მაღალი ხვედრითი წინააღმდეგობის მქონე მშრალ გრუნტებში [12]. დღეისათვის მოქმედ დაცვის სისტემებში ანოდური დამმინებლები, რომლებიც წარმოადგენენ დადებით ელექტროდს მუშაობენ ჟანგვის უწყვეტ რეჟიმში და განიცდიან ინტენსიურ დაშლას, რასაც მოსდევს მთელი დაცვის სისტემის მწყობრიდან გამოსვლა [13].

მომავალში მიზანშეწონილია დაცვისთვის მუდმივი დენის ნაცვლად გამოყენებული იქნას ნაკლებ კოროზიული ცვლადი დენი, რაც საშუალებას მოგვცემს ანოდური დამმინებელი ვამუშაოთ ჟანგვა-აღდგენით ან კონდენსატორულ რეჟიმში, რითაც თავიდან ავიცილებთ მათ დაშლას ელექტროლიზის შედეგად.

დასკვნები

ნიადაგში მოთავსებულ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანიური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტროგამტარი გარემო-ელექტროლიტი,

რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე ჩნდება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი - კათოდური და ანოდური უბნები.

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ ნიადაგით გამოწვეულ კოროზიის ინტენსივობას შემდეგია: გრუნტის ტიპი; გრუნტში ხსნადი ნივთიერებების კონცენტრაცია და შემადგენლობა; გრუნტში ჰაერის შეღწევადობის ხასიათი; გრუნტის სტრუქტურა; გრუნტში ბაქტერიების არსებობა, რომლებიც აქტიურებენ კოროზიის პროცესს; გრუნტის ტემპერატურა და ხვედრითი წინააღმდეგობა.

ბუნებრივი გრუნტების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა აქვს მის ბმულობას, რომლის ქვეშ იგულისხმება ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთკავშირი. გრუნტის ბმულობა იზრდება მასში შემავალი ცალკეული ნაწილაკების ზომების შემცირებისას. ბუნებრივ გრუნტებში მეტი კოროზიული აქტივობით გამოირჩევიან თიხოვანი, მლაშე, მტვრისებრი და ტორფიანი გრუნტები.

ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობა R_g მნიშვნელოვნად მოქმედებს გრუნტის კოროზიულ აგრესიულობაზე. თავის მხრივ R_g -ს სიდიდეზე გავლენას ახდენს გრუნტის ტენიანობა, მინერალოგიური და გრანულომეტრული შედგენილობა. მაგალითად, თიხის გრუნტისათვის მშრალ მდგომარეობაში $R_g = 240$ ომ·მ, ხოლო ტენიან მდგომარეობაში - $R_g = 9$ ომ·მ-ზე.

უმეტესწილად ნიადაგებში კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს კათოდური დამუხრუჭებით ჟანგბადის მიწოდების სიმცირის გამო. ფხვიერ, კარგად აერირებად ნიადაგებში აღინიშნება ანოდური დამუხრუჭება. კოროზიული წყვილების წარმოქმნის შემთხვევაში, როდესაც ანოდური და კათოდური უბნები მნიშვნელოვნად დამორებულია ერთმანეთისაგან, პროცესი ხასიათდება ომური დამუხრუჭებით.

ლიტერატურა

1. <https://ingibitory.ru/dictionary/vidy-korrozii/>
2. <https://t-zinc.ru/o-kompanii/stati/ximicheskaya-korroziya.html>
3. <https://studfile.net/preview/6144952/page:14/>
4. <https://tehnoinfra.ru/korroziya/9.html>
5. Александров Ю. В., Агинец Р. В. Актуальные вопросы защиты от коррозии длительно эксплуатируемых магистральных газопроводов. Недра, Санкт-Петербург, 2012. 394 с.
6. Основы проектирования электрохимической защиты от коррозии подземных и подводных объектов транспорта нефти и газа: учеб. пособие / под ред. проф. Агинец Р. В. Недра, Санкт-Петербург, 2016. 198 с.
7. Романова, Л. В., Стариков А. Н. Защита трубопроводов от коррозии: учеб. пособие. Изд-во ВлГУ, Владимир, 2023. 111 с.
8. Семенова И.В., Хорошилов Л.В., Флорианович Г.М. Коррозия и защита от коррозии / под ред. И.В. Семеновой. 2-е изд., перераб. и доп. «Физматлит», Москва, 2006. 336 с.
9. <https://tehnoinfra.ru/korroziya/61.html>
10. <http://taketop.ru/articles/avtomatika/dispatch-ypravlenie/linejnue-sooryg/elektroxim>
11. ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა. სამთო ჟურნალი, 1(45). თბილისი, 2022 . გვ. 63-67.
12. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის

ჟანგვა-აღდგენითი რეჟიმში მომუშავე ანოდური დამმიწებლის მქონე სისტემა. სამთო ჟურნალი, #1(44), თბილისი, 2021. გვ. 74-77.

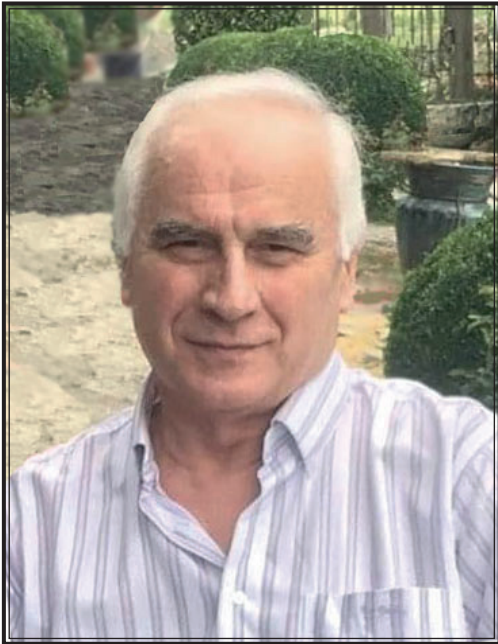
13. Херодинашвили И.Ш., Лелуашвили Л.В., Хецуриани А.В. Устройство катодной защиты. А.С. 1253173. А1 10.12.84.

**LELUASHVILI LEVAN., PIRTSKHALAVA TEIMURAZ, STERIAKOVA SVETLANA,
LELUASHVILI GIORGI**

SOIL ELECTROCHEMICAL CORROSION IN A MOST, LESS ACIDIC, NEUTRAL AND ALKALINE ENVIROMENT

ANNOTATION. The article analyzes the anodic, transient and cathodic processes of a galvanic cell. Electrochemical corrosion caused by soil in a moist, less acidic, neutral and alkaline environment is discussed. The scheme of corrosion of underground pipelines under various conditions of soil aeration is given. The cases of corrosion process control for various soil corrosion conditions are considered: soil corrosion with prevailing cathodic control; corrosion in loose, dry soils (anodic control); corrosion over long stretches (prevailing ohmic control).

KEYWORDS: corrosion; underground pipelines; anodic process; intermediate process; cathodic process; electrochemical soil corrosion.



თამაზ ახვლედიანი

TAMAZ AKHVLEDIANI

TAMAZ AXVLEDIANI

საქართველოს სამთო-საინჟინრო საზოგადოებამ მძიმე დანაკლისი განიცადა - გარდაიცვალა ღირსეული მოქალაქე, მეცნიერი, დოქტორი, საქართველოს სამთო მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი, გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილე ბატონი თამაზ ახვლედიანი.

იგი დაიბადა 1954 წელს ქ. ვანში. 1977 წელს დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი სამთო ინჟინრის კვალიფიკაციით. 1999 წელს დაამთავრა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამთო მექანიკის ინსტიტუტის ასპირანტურა, წარმატებით დაიცვა დისერტაცია და მიენიჭა ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხი.

ბატონმა თამაზმა ინსტიტუტის დამთავრების, შემდეგ განვლო საინტერესო, ნაყოფიერი შრომითი და შემოქმედებითი გზა - ქ. ვანის „რეაბილიტაციის“ ტექნიკოსიდან გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილემდე. იგი სხვადასხვა პერიოდში იყო: კომკავშირის ვანის რაიკომის მდივანი; საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გ. წულუკიძის სახელობის სამთო მექანიკის ინსტიტუტის ჯერ უფროსი ინჟინერი, შემდეგ უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, „ჭიათურმანგანუმის“ გენერალური დირექტორი, ქ. ვანის საკრებულოს თავმჯდომარე, შემდეგ გამგებელი.

მნიშვნელოვანია მისი, როგორც მენეჯერის და მეცნიერის წვლილი არა მარტო „ჭიათურმანგანუმის“ რეაბილიტაციის საქმეში, არამედ გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის, როგორც საერთაშორისო დონის სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულების ჩამოყალიბებასა და თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური ბაზის შექმნაში.

ბატონი თამაზის სამეცნიერო მოღვაწეობის შედეგები ასახულია არაერთ სტატიაში და მოხსენებულ მრავალ საერთაშორისო კონფერენციასა და ფორუმზე. იგი იყო სამეცნიერო ანალიტიკური „სამთო ჟურნალის“ რედკოლეგიის წევრი.

განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია მისი ადამიანური თვისებები:

მეგობრული, კეთილმოსურნე და თანაზომიერი დამოკიდებულება განურჩევლად ყველა თანამშრომლის მიმართ, ნებისმიერი კონფლიქტური სიტუაციის მშვიდად განმუხტვის უნარი, გამორჩეული იუმორის გრძნობა და კომუნიკაბელურობა. მან ღრმა კვალი დატოვა ყველას გულში.

გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლები დიდ მწუხარებას გამოვთქვამთ ბატონი თამაზ ახვლედიანის გარდაცვალების გამო. იგი ყოველთვის იქნება ჩვენთვის, როგორც მაგალითი კეთილსინდისიერების, გულისხმიერების, პროფესიონალიზმის, სიტბოსა და სიყვარულის. მისი ხსოვნა ყოველთვის დარჩება ჩვენს გულებში.

*სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი,
საქართველოს სამთო მეცნიერებათა აკადემია,
საქართველოს სამთო საზოგადოება,
„სამთო ჟურნალის“ სარედაქციო კოლეგია*

ავტორთა საყურადღებოდ - ATTENTION

ავტორთა საყურადღებოდ!

მოთხოვნები ჟურნალში გამოსაქვეყნებელი სამეცნიერო სტატიების გაფორმების და წარმოდგენისათვის

„სამთო ჟურნალში“ ქვეყნდება მასალები (სამეცნიერო სტატიები, ინფორმაცია, რეკლამა და სხვა) ქართულ და ინგლისურ ენებზე. სტატიის მასალები უნდა ქვეყნდებოდეს პირველად (უცხოური გამოცემების ანალიზის გარდა, რომლებიც ქვეყნდება რედკოლეგიის რეკომენდაციით), წარმოდგენდეს სიახლეს და უნდა ჰქონდეს გარკვეული თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა.

მასალა გამოსაქვეყნებლად დაბეჭდილი უნდა იყოს A4 ფორმატში 1 ინტერვალით და ჩაწერილი უნდა იყოს CD დისკზე. სტატიის მოსამზადებლად გამოყენებული უნდა იქნეს ტექსტური რედაქტორი Microsoft Word 2007/2010, შრიფტი: ქართული - Sylfaen, ზომა - 12. ინგლისური - Times New Roman, ზომა 12. სტატიის ველები: ზედა - 2 სმ, ქვედა - 2 სმ, მარცხენა - 3 სმ, მარჯვენა - 1,5 სმ.

სტატიის მასალა წარმოდგენილი უნდა იქნეს შემდეგი თანმიმდევრობით: უაკ - შრიფტის ზომა 14, ავტორთა გვარები და ინიციალები Sylfaen ასოებით, შრიფტი - გამუქებული, შრიფტის ზომა 14, გასწორება მარცხენა კიდეებთან.

სათაური უნდა აიკრიფოს ასევე Sylfaen შრიფტით (შრიფტის ზომა - 14) და გასწორდეს მარცხენა კიდეზე.

ქართულ სტატიას უნდა ახლდეს ანოტაცია ინგლისურ ენაზე, ხოლო ინგლისურ ენაზე დაწერილ სტატიას ქართული ანოტაცია. ანოტაცია მოკლედ უნდა აღწერდეს სტატიის საგანს და მასში აღწერილ ძირითად შედეგებს. ანოტაციის რეკომენდებული საშუალო მოცულობა შეადგენს 600 ნაბეჭდ ნიშანს. შრიფტი - დახრილი, გამუქებული, გასწორება მარცხენა და მარჯვენა კიდეებთან, შრიფტის ზომა - 12.

საკვანძო სიტყვები (ქართულ და ინგლისურ ენებზე) - აუცილებელია და უნდა შეიცავდეს 5-10 სიტყვას. საკვანძო სიტყვები ერთმანეთისაგან გამოიყოფა წერტილ-მძიმით. მოყვანილი საკვანძო სიტყვები ზუსტად უნდა ასახავდნენ კვლევის საგნობრივ არსს.

სტატიის ტექსტი: შრიფტის ზომა - 12, ინტერვალის სტრიქონებს შორის - 1, აზვაცი - 1,25 სმ, დაფორმატება: გასწორება ფურცლის მარცხენა და მარჯვენა კიდეებთან.

ფორმულები და მათემატიკური სიმბოლოები შესრულებული უნდა იყოს Microsoft Equation-ში.

ცხრილები ტექსტში შესრულებული უნდა იყოს Microsoft Word რედაქტორში.

დასახელება ცხრილის ზევით, შრიფტი 11, გამუქებული.

სურათები და გრაფიკული მასალა მოქცეული უნდა იყოს სამუშაო ველის ჩარჩოებში. დაშვებულია მათი გამოყენება JPEG ფორმატში. წარწერები სურათებსა და გრაფიკული მასალის ქვეშ გამუქებული, შრიფტით 11, ცენტრში გასწორებული, ინტერვალი - 1, სურათის დასახელების ბოლოს წერტილი არ ისმება.

ლიტერატურა მოთავსებულია სტატიის ბოლოს წყაროების ციტირების თანმიმდევრობით. შრიფტის ზომა 12, დაფორმატება: გასწორება ფურცლის მარცხენა და მარჯვენა კიდეებთან. უნდა შეიცავდეს ავტორის/ავტორთა გვარებსა და ინიციალებს, დასახელებას, გამოქვეყნების თარიღს და მონაცემებს გამომცემლობის შესახებ.

ლიტერატურის გაფორმების ნიმუში:

ლიტერატურა

1. თ. ფირცხალავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების შესახებ. "სამთო ჟურნალი", #1(42), თბილისი, 2019. გვ. 143-149.
2. Pitterson, K.E. The Early History of Circular Sliding Surfaces. Géotechnique, Vol. 5, 1955. pp. 275-296.
3. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. Недра, Москва, 1972. 310 с.

ტექსტში ციტირების ნომრები იწყება [1]-დან და გრძელდება ზრდადი თანმიმდევრობით მთელ ნაშრომში. ყოველი ნომერი უნდა იყოს ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში წინადადების პუნქტუაციის შიგნით, ფრჩხილის წინ ინტერვალით გამოყენებული.

წარმოდგენილ მასალას უნდა ახლდეს აგრეთვე ინფორმაცია ავტორის (ავტორთა) შესახებ - სამუშაო ადგილი, თანამდებობა, სამეცნიერო ხარისხი და წოდება, სამსახურის ან ბინის მისამართი, ტელეფონი და ელექტრონული ფოსტა (E-mail).

სტატიას უნდა ერთვოდეს **რეცენზია**. სტატია შედგენილი უნდა იყოს მართლმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით. ავტორი (ავტორები) და რეცენზენტი პასუხს აგებენ სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

FOR AUTHORS!

REQUIREMENTS FOR PREPARATION AND SUBMISSION SCIENTIFIC ARTICLES IN THE JOURNAL

The Mining Journal publishes materials (scientific articles, information, advertising, etc.) in Georgian and English. The materials of the article should be published for the first time (except for a review of foreign publications published on the recommendation of the Editorial Board), represent novelty and have theoretical and practical significance.

Material for publication must be printed in A4 format, line spacing - 1 and recorded on a CD. To prepare the article, the Microsoft Word 2007/2010 Text Editor, fonts: for **Georgian - Sylfaen**, font size - 12 pt, **English - Times New Roman**, 12 pt should be used. Page margins: up, down - 2 cm; left - 3 cm; right - 1.5 cm.

The material of the manuscript should be presented as follows:

UDC - font size 14 pt, authors' full name in all upper case letters, 14 pt bold, left align.

The title should be typed in all upper case letters, 14 pt bold, and left align.

Annotation. The Georgian article must be accompanied by an annotation in English, and the article written in English must be accompanied by a Georgian annotation. Authors need to ensure that **Annotation** are easily readable and understandable to a broad readership. The abstract should accurately reflect the content of the article, contain 600 characters at the average; font - italic, bold, 12 pt; justified.

Keywords (in Georgian and English) are required and should be between 5-10 words. Keywords are separated by semicolon. The given keywords should accurately reflect the topical area of the study.

Text of the article: Font size - 12 pt, line spacing - single, paragraph indent - 1.25 cm, justified.

Use the **Equation editor** for **formulas and mathematical symbols**.

For **tables** in the text use the Microsoft Word editor. Title above table, font 11, bold.

Figures and graphical material are placed within the working field. Figures must be presented in **JPG format**. Each figure should include a caption in bold, size - 11 pt, centered, single spacing, no dot is placed at the end of the caption. Please, make sure to identify all elements found in the figure in the caption.

References follow the text in the order the sources are cited in the text of the paper, the font size – 12 pt, justified. Surname and initials of the author / authors, name, imprint, including the name of the publisher.

A few examples follow below:

REFERENCES

4. თ. ფირცხალავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების შესახებ. "სამთო ჟურნალი", #1(42), თბილისი, 2019. გვ. 143-149.
5. Pitterson, K.E. The Early History of Circular Sliding Surfaces. Géotechnique, Vol. 5, 1955. pp. 275-296.
6. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. Недра, Москва, 1972. 310 с.

The in-text citations numbers start at [1] and continue in ascending order throughout the paper. Each in-text citation number should be enclosed by square brackets and appear on the text line, inside sentence punctuation, with a space before the bracket.

The article must be enclosed by a **review**. The article should be written in accordance with the certain style and terminology. The author(s) and reviewer are responsible for the content and quality of the article.

The materials presented are accompanied by data on the author(s) - affiliation, position, academic degree and title, home or business address, phone, E-mail.

All articles must be reviewed (scientific and technical).

რედაქციის მისამართი: საქართველო, თბილისი, 0186, ე. მინდელის ქ. #7.
ტელ.: +(995 32) 232 47 16; +(995 32) 232 91 16;
(995 32) 2 32 59 90;
www.mining.org.ge
E-mail:chikhradze@mining.org.ge

EDITORIAL OFFICE: 7, E. Mindeli str., Tbilisi, 0186, Georgia.
Tel.: + (995 32) 232 47 16; (995 32) 2 32 232 5990;
(995 32) 225 47 16;
www.mining.org.ge
E-mail:chikhradze@mining.org.ge

ჟურნალი გამოდის 1998 წლიდან. რეფერირდება ტექინფორმის «ქართულ რეფერატულ
ჟურნალში»

Published since 1998. «Georgian Referential Journal» of TEKHINFORM

ხელმოწერილია დასაბეჭდად: 04.11.2024
რედაქტორი: ნ. ჩიხრაძე
დამკაბადონებელი: თ. მინდორაძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა: ს. სტერიაკოვა
ქაღალდის ზომა 64X90 1/8
ტირაჟი 50 ეგზ.

შპს «პოლიგრაფისტი»
თბილისი, სურამის ქ. #13

ISSN 1512-407X

