

ISSN 1512-407X

ISSN 1512-407X

# საბითონო

სამეცნიერო

საინჟინრო

საინფორმაციო

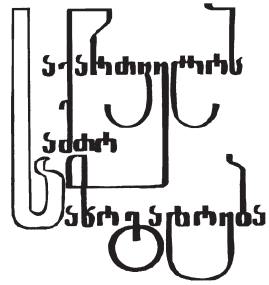
ანალიზური

რევიზორული

# ქვეყნული

Mining Journal  
1(43) Горный Журнал

2020



საქართველოს სამთო საზოგადოება

საქართველოს ტექნიკური

უნივერსიტეტი

სსიპ ბრიტოლ ფულუკიძის

სამთო ინსტიტუტი

ГОРНОЕ ОБЩЕСТВО ГРУЗИИ  
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЮЛПП ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ Г.А. ЦУЛУКИДZE

GEORGIAN MINING SOCIETY  
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
LEPL G. TSULUKIDZE MINING INSTITUTE

მთავარი რედაქტორი: პროფ. ა. აბშილავა

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: ПРОФ. А.В.АБШИЛАВА

EDITOR –IN-CHIEF: PROF. A.V. ABSHILAVA

სარედაქციო კოლეგია

აკად. დოქტ. თ. ახვლედიანი, პროფ. ი. გუჯაბიძე, პროფ. ბ. ვარშალომიძე, პროფ. ნ. ილიაში (რუმინეთი), პროფ. ვ. მარკუისი (აშშ), პროფ. რ. სტურუა, პროფ. თ. კუნჭულია, პროფ. ნ. პოპრადზე, პროფ. ნ. ჩიხრადზე, პროფ. ვ. ჩანტურია (როსია), პროფ. ვ. ჩანტურია (რუსეთი). სპ. მცხ. მრ. აბაღვიანი აბაღვიანი ლ. ჯაფარიძე, აკად. დოქტ. რ. კვათაშიძე, აკად. დოქტ. თ. ლიპარტიანი, აკად. დოქტ. ზ. კაკულია, აკად. დოქტ. თ. ფუფუნავა, ს. სტერიაკოვა (ტექნ. რედ.), აკად. დოქტ. ნ. ჯაფარიძე (ტექ. რედ.), აკად. დოქტ. ვ. ჯავახიშვილი, ტ.მ. ს. ხომერიკი

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АКАД. ДОКТ. Т. АХВЛЕДИАНИ, ПРОФ. И. ГУДЖАБИДZE, ПРОФ. Г. ВАРШАЛОМИДZE, ПРОФ.Н. ИЛЪЯШ (РУМЫНИЯ), ПРОФ. Ф.МАР-КУИС (США), ПРОФ. Р. СТУРУА, ПРОФ. Т. КУНЧУЛИА, ПРОФ. Н. ПОПОРАДZE, ПРОФ. Н. ЧИХРАДZE, ПРОФ. В. ЧАНТУРИА (РОССИЯ), АКАДЕМИК АКАД. НАУК ГРУЗИИ Л. ДЖАПАРИДZE, АКАД. ДОК. Р. КВАТАШИДZE, АКАД. ДОК. Т. ЛИПАРТИА, АКАД. ДОК. З. КАКУ-ЛИА, АКАД. ДОК. Т. ЦУЦУНАВА, С.СТЕРЯКОВА (ТЕХ.РЕД.), АКАД. ДОК. Н. ДЖАПАРИДZE (ТЕХ. РЕД.), АКАД. ДОК. Г. ДЖАВАХИШВИ-ЛИ, К. Т.Н. С. ХОМЕРИКИ

EDITORIAL BOARD

AC. DOC. T. AKHVLEDIANI, PROF. I. GUJABIDZE, PROF.G. VARSHALOMIDZE, PROF.N. ILYASH (ROMANIA), PROF. F. MARKUIS (USA), PROF. R. STURUA, PROF. T. KUNCHULIA, PROF. N. FOFORADZE, PROF. N. CHIKHRADZE, PROF. V. CHANTURIA (RUSSIA).. ACAD. OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF GEORGIA L. JAPARIDZE, AC. DOC. R. KVATASHIDZE, AC. DOC. T. LIPARTIA, AC. DOC. Z. KAKULIA, AC. DOC. T. TSUTSUNAVA, S. STERIAKOVA (TECH. ED.), N. JAPARIDZE (TECH. EDIT.), AKAD. DOC. G. JAVAKHISHVILI, C.T.S. C. KHOMERIKI

რედაქციის მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 77  
ტელ.: (995 32) 236 50 47 ფაქსი: (995 32) 2 32 59 90; ვებგვერდი: www.samtojournali.ge  
E-mail: mining\_journal@posta.ge lmakharadze@rambler.ru

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 0175, ГРУЗИЯ, ТБИЛИСИ, УЛ. КОСТАВА, 77.  
ТЕЛ.: (995 32) 236 50 47, ФАКС: (995 32) 2 32 59 90,  
www.samtojournali.ge  
E-mail: mining\_journal@posta.ge lmakharadze@rambler.ru

EDITORIAL OFFICE: 77, Kostava str., Tbilisi, 0175 Georgia.  
tel.: (995 32) 236 50 47, Fax: (995 32) 2 32 59 90,  
www.samtojournali.ge  
E-mail: mining\_journal@posta.ge lmakharadze@rambler.ru

ჟურნალი გამოდის 1998 წლიდან. Журнал издается с 1998 года. Published since 1998  
რეფერირდება ტექნიკურების „ქართულ რეფერატურულ ჟურნალში“  
Реферируется в реферативном журнале и в «Грузинском реферативном журнале» Техинформа  
«Georgian Referential Journal» of TEKHINFORM

ავტორთა საჭურავლები

ჟურნალი აქვეყნებს მასალებს (სემინარული სტატია, საინფორმაციო წერილი, სარეკლამო მასალა და სხვ.) ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე. რედაქციისათვის მოწოდებული მასალის მოცულობა უნდა იყოს არაუმეტეს 6 ნაბეჭდი გვერდისა და აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: არ უნდა იყოს აღრე გამოქვეყნებული (გარდა სარედაქციო კოლეგიის მიერ შეკვეთილი სტატიისა), სამეცნიერო სტატიებში გადაწვეტილ ამოცანას უნდა ჰქონდეს გარკვეული თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. სტატიას უნდა ერთვოდეს ანოტაცია ორ ენაზე (მიღებული შედეგები, გამოყენებული მეთოდები, ძირითადი დასკვნები და პირობები, შედეგების გამოყენების არე. საშუალო მოცულობა - 600 ნიშანი). გამოსაქვეყნებელი მასალა ჟურნალის რედაქციას უნდა მიეწოდოს A4 ფორმატის თეთრ ქაღალდზე ერთი ინტერვალით ნაბეჭდის სახით და მისი ჩანაწერი CD დისკოზე. ტექსტი ჩაწერილი უნდა იქნეს Word for Windows რედაქტორში შრიფტებით: ქართული - AcadNusx, №12, რუსული - Times New Roman, №12; ინგლისური - Times New Roman, №12; ფორმულები უნდა იყოს დანართში Equation for Windows, ხოლო ცხრილები - Word for Windows. ნახაზები და გრაფიკული მასალა შეიძლება შესრულდეს კალკატე ან კომპიუტერზე, ასევე მკერავ ქაღალდზე შავი ტუშით ან ბურთულიანი კალმით. ნახაზები - JPG. მასალას უნდა ახლდეს აგრეთვე ინფორმაცია ავტორის (ავტორთა) შესახებ (სამუშაო ადგილი, თანამდებობა, სამეცნიერო ხარისხი და წოდება, სამსახურის ან ბინის მისამართი და ტელეფონი, E-mail).

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В «Горном журнале» публикуются материалы (научные статьи, информация, реклама и др.) на грузинском, русском и английском языках. Материа-лы статьи должны публиковаться впервые (кроме обзора зарубежных изданий, публикуемых по рекомендации Редколлегии), представлять новизну и иметь теоретическую и практическую значимость. Объем представленных материалов не должен превышать 6 печатных страниц. К статье должна прилагаться аннотация на двух языках, отличных от языка, на котором она написана, а также ключевые слова не менее 6. В аннотации следует ука-зать методы исследования, основные результаты работы и область их практического применения. Средний объем аннотации - 600 знаков. Материал для опубликования должен быть напечатан в формате А4 через один интервал и записан на диске CD. Текстовый материал набирается в Текстовом редакторе Microsoft Word 7,10, шрифтами: Грузинский – Acad Nusx, №12, русский - Times New Roman, №12, английский - Times New Roman, №12. Поля: верхнее – 2 см; нижнее – 2 см; левое – 3 см; правое – 1,5 см.

В «Горном журнале» публикуются материалы (научные статьи, информация, реклама и др.) на грузинском, русском и английском языках. Материа-лы статьи должны публиковаться впервые (кроме обзора зарубежных изданий, публикуемых по рекомендации Редколлегии), представлять новизну и иметь теоретическую и практическую значимость.

Материал статьи должен быть изложен в следующей последовательности: УДК – размер шрифта 14 пт, ФИО авторов заглавными буквами, шрифт – полужирный, размер шрифта – 14 пт, выравнивание по левому краю. Заголовок должен быть набран заглавными буквами полужирным шрифтом (размер шрифта – 14 пт) и выравнивается по левому краю. К статье должна прилагаться аннотация на двух языках, отличных от языка, на котором она написана. Аннотация должна кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней выводы. Рекомендуемый средний объем аннотации составляет 600 печатных знаков. Шрифт - курсив, полу-жирный, выравнивание по ширине страницы. Размер шрифта – 12 пт.

Ключевые слова (на грузинском, русском и английском языках) – обязательны и должны содержать 5-10 слов и словосочетаний. Ключевые слова и словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой. Приведенные ключевые слова должны предельно точно отражать предметную область исследования.

Текст статьи: Размер шрифта – 12 пт, междустрочный интервал – одинарный, красная строка – 1,25 см. Форматирование выравниванием по ширине. Формулы и математические символы должна быть выполнены в Microsoft Equation.

Таблицы в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word. Рисунки размещаются в рамках рабочего поля. Допускается использование рисунков в форматах JPEG. Подпись под рисунком, шрифт полужирный, размер - 11 пт, выравнивание по центру, интервал – одинарный, в конце названия рисунка точка не ставится.

Список литературы размещается в конце статьи. Размер шрифта 12 пт., форматирование выравниванием по ширине страницы. Фамилия и инициалы автора/авторов, название, выходные данные, включая название издательства. Примеры оформления списка литературы: literatura

- 1. თ. ფირცხალავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების შესახებ. "სამთო ჟურნალი", №1(42), თბილისი, 2019. გვ. 143-149.
- 2. Ptterson, K.E. The Early History of Circular Sliding Surfaces. Géotechnique, Vol. 5, 1955. pp. 275-296.
- 3. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. Недр, Москва, 1972. 310 с.

К представленным материалам прилагаются данные об авторе (авторах) - место работы, должность, ученая степень и ученое звание, домашний или служебный адрес, телефон, E-mail.

Все статьи обязательно подлежат редакции (научной и технической). Таблицы должны быть набраны в Word for Windows, а формулы в редакторе Equation for Windows. Чертежи, графический материал, фото должны быть выполнены на компьютере (при необходимости, в исключительных случаях, могут быть представлены цветные материалы). Рисунки - JPG. К представленным материалам прилагаются данные об авторе (авторах) - место работы, должность, ученая степень и ученое звание, домашний или служебный адрес, телефон, E-mail.

ATTENTION

The Journal publishes material (scientific papers, information letters, advertisements, etc.) in Georgian, Russian and English languages. The submitted material shouldn't exceed 6 printing pages and should satisfy the following requirements: it should not be previously published (except the paper ordered by the editorial board), the problem solved in the scientific paper should have definite theoretical and practical importance; should be supplemented with summaries in two languages (the obtained results, used methods, the obtained basic assumptions, the field of application of the results. The average volume - 600 signs). The material should be typed in Word for Windows in fonts: Georgian – Acad Nusx, № 12, Russian - Times New Roman, № 12, English - Times New Roman, № 12. Formulas should be done in Equation for Windows editor and tables in Word for Windows. Drawing and graphical material may be performed on tracing-paper or dense white paper in black Indian ink or ball pen. Drawings - JPG. The materials should be accompanied with information about author (authors) - (affiliation, position, scientific degree and rank, office or home address, phone, the fax, E-mail).

ხელმძღვანელი დასაბუთებელი: -----  
რედაქტორები: ა. აბშილავა  
დაგეგმვა-რედაქტორი: თ. მიხეილაძე  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა: ს. სტერიაკოვასი  
ქაღალდის ზომა 64X90 1/8  
ტირაჟი 300 ეგზ.  
გარეკანის ფოტოები: ალექსანდრე ქართველიშვილის

შპს „კოლიზრაფისტი“  
თბილისი, სურამის ქ. №13

**ქიმიური ტექნოლოგია**

Degussa-Huls  
www.cyplus.com  
Nalco  
www.nalco.com

**კონსულტაციები**

Australian Mining Consultants  
www.minesite.aust.com  
Knight Piesold  
www.knightpiesold.com  
MJRS  
www.mjrs.com  
SRK  
www.srk.co.uk

**საინჟინერო კომპანიები**

Bateman  
www.bateman.co.za  
Kvaerner  
www.kvaerner.com  
McIntosh Redpath Engineering  
www.mcintoshengineering.com  
MDM  
www.mdm-eng.co.za

**ჰიდროტექნოლოგია**

Universal Hydraulics  
www.universalhydraulics.co.uk

**მასალების გადაზიდვა**

Boart Longyear  
www.boartlongyear.com  
Roxon  
www.roxongroup.com  
Svedala  
www.svedala.com

**წიაღისეულის გამწვანება**

Larox  
www.larox.com  
Nordberg  
www.nordberg.com  
Outokumpu Mintec  
www.outokumpu.com  
Svedala  
www.svedala.com

**სამთო ინფორმაცია**

Mining Journal  
www.mininginformation.com  
www.miningevents.com

**სამთო პროგრამული**

uzrunvelyofa  
Mintec  
www.mintec.com

**მილსაღენი სისტემები**

Alvenius Industrier  
www.alvenius.se  
Victaulic  
www.victaulic.com

**მაღნის დანვრილმანება და  
ბატრბ**

Atlas Copco  
www.swellex.com

**თანამგზავრული კომუნიკა-  
ციები**

Inmarsat  
www.via-inmarsat.com

**საბადოთა ღია დამუშავება**

Atlas Copco  
www.atlascopco.com  
www.copdrill.com  
Boart Longyear  
www.boartlongyear.com  
Caterpillar  
www.CAT.com  
Dando Drilling International  
www.dando.co.uk  
Driltech Mission  
www.driltechmission.com  
Halco Drilling International  
www.halcodrilling.com  
Hitachi  
www.hitachi-kenki.co.jp  
Ingersoll-Rand  
www.irgmg.com  
Komatsu Mining Systems  
www.komatsu-mining.com  
Liebherr  
www.liebherr.com/us/  
Modular Mining Systems

www.mmsi.com  
OK Mining  
www.ok-mining.com  
Padley and Venables  
www.padley-venables.com  
Rockmore International  
www.rockmore-intl.com  
Sandvik Rock Tools  
www.sandvik.com  
Sandvik Tamrock  
www.sandviktamrock.com  
Voest Alpine  
www.vaeimco.com

**საბადოთა მინისძვევა  
დამუშავება**

Atlas Copco  
www.atlascopco.com  
www.copdrill.com  
Atlas Copco Wagner  
www.atlascopco.com  
Boart Longyear  
www.boartlongyear.com  
Caterpillar  
www.CAT.com  
Fosroc Mining  
www.fosrocmining.com  
Ingersoll-Rand  
www.irgmg.com  
MBT/Meyco  
www.ugc.mbt.com  
McIntosh Redpath Engineering  
www.mcintoshengineering.com  
Modular Mining Systems  
www.mmsi.com  
Padley and Venables  
www.padley-venables.com  
Rockmore International  
www.rockmore-intl.com  
Sandvik Rock Tools  
www.sandvik.com  
Sandvik Tamrock  
www.sandviktamrock.com  
Siemag Transplan  
www.siemag.de  
Swedengineers Minetech  
www.swedengineers.com  
Voest Alpine  
www.vaeimco.com

**გიოლოგია**

ა. ხაჩატურიანი, ნ. ბაბია, ბ. ინეშიძე, თ. გურული  
**ვენეტონიტური თიხების დინამიკური უწყვეტობის  
 გამომწვევები-შეფასება და მისი  
 მნიშვნელობა პრაქტიკული  
 გამოყენებისათვის**..... 5

დ. ზღვაშვილი, ა. მინდიაშვილი  
**გუგარეთი-ფხარულთაშის (საჩქოვო)  
 მანდიანი ველის სტრუქტურულ-გიოლოგიური  
 პოზიცია**.....9

ბ. ბაბენიძე, ა. კვიციანი  
**კულენის მანდიანი რაიონის გიოლოგიის  
 ზოგიერთი საკითხები**..... 5

**სამთო მრეწველობის პრობლემები**

ზ. მალაშვილი, ა. კანდელიანი, ნ. ლომიძე, დ. ძაბაძე  
**მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების ბიო-  
 ტრანსფორმაცია მთიი სასუბებში  
 მიკროფლორების რაიონის მიზნით**.....18

ბ. ბაბენიძე  
**კარბონის მდინარეული მრეწველობის  
 უსაფრთხო ექსპლუატაციისა და რემონტის  
 მოთხოვნები**.....21

ბ. ჯანაშია, ა. სილაგაძე, ს. სტრიაკოვა  
**სს „მადნეული“ კარბონის და ნახარკვი-  
 ში მუშაობის წყვეტილებას სპილენძის ამოსაღები  
 საცემენტაციო რეპარაციის თვითღონებით  
 ჰიდროკლიკური კვივისა და რეგულირების  
 ღონისძიებათა დამუშავება**.....26

**აფეთქების ენერჯის გამოყენება**

ბ. ნადირაშვილი, ი. მარგალიტი, თ. იაშვილი, ბ. პინაშვილი  
**აფეთქების პროცესების მდინარეში**.....35

ზ. კუჭუნიძე, ა. აფრიაშვილი, ბ. თხილიძე, ნ. პაპიაძე  
**აფეთქებისას მენერჯული ბრუნვის სიის-  
 გური რეგულირების შემცირების  
 გზები**..... 41

ი. ნახაშვილი, ა. გოლიაძე,  
 ბ. ლგვალიანი, ბ. თუთაიანი  
**ქალკვანო ელექტრონიკისათვის სითხის ამ-  
 რეკალი ელემენტების დამზადება აფეთქების  
 ტექნოლოგიით** .....47

დ. შვიტაძე, ვ. ბაბენიძე, ს. კვიციანი, ა. მინდიაშვილი,  
 პაპიაშვილი დ. კირთაძე, ბ. პაპიაძე  
**პლასტიკური აბაღები და მალა ტიპ**

**პირატურისა და ააღება (ფაბრიკა)  
 გამოცდების შედეგები**.....53

**უსაფრთხოების ტექნიკა**

დ. ზღვაშვილი, თ. რიგიანი, ა. ზღვაშვილი,  
 ს. სტრიაკოვა  
**მინერალური ლითონის კონსტრუქციების  
 ქათოლი და ცვის კონდენსატორული  
 ანოდიური დამზადება**.....58

თ. ფრინველიანი  
**მტკნოსი მინერალის გაანგარიშება საკარბონო  
 ავტოტრანსპორტის მუშაობისას**.....61

**ანალიზი**

დ. ჯანაშია, თ. გოგიაშვილი, ბ. ლგვალიანი,  
 ს. დიმიტრაშვილი  
**პლასტიკური ტიხის კონსტრუქციული მდგომარეობის  
 ტანების მდგომარეობის გაანგარიშების  
 არსებული მეთოდების  
 შედეგებით ანალიზი**.....65

**ეკონომიკა**

ი. ჯანაშია, რ. სემიანიანი, ი. ძაბაძე, დ. ბაბენიძე,  
 ი. მარგალიტი, თ. მინდიაშვილი  
**თიხის მანქანის თერმული  
 მოდიფიკაციების რეგულირების დამუშავება  
 მთიი პუცოლანური  
 ავტოტრანსპორტის მიზნით** .....76

ბ. ლგვალიანი, ბ. ტაბაძე, ბ. ნინიაშვილი  
**სამთო-სამრეწველო კლასტიკების  
 ფორმირების პროცესების ავტომატური  
 ასპექტები იმერეთის რაიონში**.....77

**იუპილი**

**მიწოდება გოლიანი ტანბაბი 80**.....95  
**ავტოტრანსპორტის საშუალებების**.....99

**ГЕОЛОГИЯ**

ХАЧАТУРИЯН К.К., ГЕГИЯ Н.А., ЭНУКИДZE Г.Ш., ГУРУЛИ Т.С.  
**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ДИСПЕРСНОСТИ  
 БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ  
 ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ** ..... 9

БЛУАШВИЛИ Д.И., МИНДИАШВИЛИ Г. Г.  
**СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ  
 ГУДЖАРЕТИ-ЦКАРОСТАВСКОГО (ХАЧКОВИ)  
 РУДНОГО ПОЛЯ** ..... 14

ГАГНИДZE М. Р., КВИЦИАНИ А. А.  
**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ БОЛНИССКОГО  
 РУДНОГО РАЙОНА** ..... 18

**ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
 МАЛАШХИЯ Ш.С., КАНДЕЛАКИ М. Ш., ЛОМИДZE Н.Н.,  
 КАРТВЕЛИШВИЛИ Л.Г.  
**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ  
 ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАНЦА  
 С ЦЕЛЬЮ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ КАК  
 МИКРОЭЛЕМЕНТА В УДОБРЕНИЯХ**..... 21

БЕЖАНИШВИЛИ А.Г.  
**ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И  
 РЕМОНТА МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
 КАРЬЕРА** ..... 26

ДЖАНГИДZE М.В., СИЛАГАДZE В.А., СТЕРЯКОВА С.И.  
**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ САМОТЕЧНОГО  
 ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ  
 ЦЕМЕНТАЦИОННЫХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
 МЕДИ ИЗ КИСЛЫХ ВОД АО «МАДНЕУЛЬСКОГО»  
 КАРЬЕРА И ОТВАЛЬНОГО ПОДДОНА** ..... 34

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА**  
 НАДИРАШВИЛИ М.Д., ВАРШАНИДZE Я.З., ИАШВИЛИ Т.Т.,  
 БЕИНАШВИЛИ Г.Г.  
**МЕХАНИЗМ ВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ**..... 41

КУЧУХИДZE З. К., АПРИАШВИЛИ А.Г. ,  
 ТХЕЛИДZE Г.З. , АБЕСАДZE Н.А.  
**СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ  
 ВИБРАЦИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВЗРЫВОМ** ..... 46

ЧАГЕЛИШВИЛИ Э. Ш., ГОДИБАДZE Б. А., ДГЕБУАДZE А. А.,  
 ТУТБЕРИДZE М. Л.  
**ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОТРАЖАЮЩИХ  
 ЭЛЕМЕНТОВ ВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ  
 ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**..... 53

ЦВЕРАВА Д.Т., БЕЖАНОВ Ф.Х., КВИНИКАДZE С.М., ВАНИШВИЛИ А.Л.,  
 КИРТАДZE Л.Б., АБАШИДZE Г.С.  
**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПЛАСТБЕТОНОВ ПРИ**

**ПОВЫШЕННЫХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И НА  
 ВОСПЛАМЕНЕНИЕ (ГОРЮЧЕСТЬ)**..... 58

**ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**  
 ЛЕЛУАШВИЛИ Л.В., РИГИШВИЛИ Т.Р., ЛЕЛУАШВИЛИ Г.Л.,  
 СТЕРЯКОВА С.И.  
**КОНДЕНСАТОРНЫЙ АНОДНЫЙ ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ ДЛЯ  
 КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ**..... 60

ПИРЦХАЛАВА Т.Г.  
**РАСЧЕТ ЭМИССИИ ПЫЛИ ПРИ РАБОТЕ КАРЬЕРНОГО  
 АВТОТРАНСПОРТА**..... 64

**АНАЛИЗ**  
 ДЖАПАРИДZE Л.А., ГОБЕДЖИШВИЛИ Т.Г., ЛОСАБЕРИДZE М.В.,  
 ДЕМЕТРАШВИЛИ С.А.  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ  
 МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОНСЕКВЕНТНЫХ  
 ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕЛ БЛОЧНОГО ТИПА** ..... 70

**ЭКОНОМИКА**  
 ШАПАКИДZE Е.В., СХВИТАРИДZE Р.Е., КАМУШАДZE И.Г., ГАБУНИЯ Л.В.,  
 ГЕДЖАДZE И.В., ЧЕИШВИЛИ О.О., ПЕТРИАШВИЛИ Т.Т.  
**РАЗРАБОТКА РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОГО  
 МОДИФИЦИРОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ  
 ПОРОД С ЦЕЛЬЮ ИХ ПУЦЦОЛАНОВОЙ  
 АКТИВАЦИИ**..... 71

ЛОБДЖАНИДZE Г.З., ТАБАТАДZE Г.Д., НАНИТАШВИЛИ Г.Ж.  
**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОТЕНЦИАЛА  
 ФОРМИРОВАНИЯ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО  
 КЛАСТЕРА В ИМЕРЕТИНСКОЙ ОБЛАСТИ** .....94

**ЮБИЛЕЙ**  
 ГОДЕРДЗИ ТАБАТАДZE – 80 ..... 95  
**К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ**..... 97

**GEOLOGY**

**KHACHATURIAN K., GEGIA N., ENUKIDZE G., GURULI T.**  
**RESEARCH AND ASSESSMENT OF DISPERSION**  
**OF BENTONITIC CLAYS AND ITS VALUE**  
**FOR PRACTICAL APPLICATION.....9**

**BLUASHVILI D., MINDIASHVILI G.**  
**STRUCTURAL-GEOLOGICAL POSITION OF GU-**  
**JARETI-TSKAROSTAVI (KHACHKOVI)**  
**ORE FIELD ..... 14**

**GAGNIDZE M., KVITSIANI A.**  
**GENERAL ISSUES OF BOLNISI ORE DISTRICT**  
**GEOLOGY ..... 18**

**PROBLEMS OF MINING INDUSTRY**  
**MALASHKHIA SH., KANDELAKI M., LOMIDZE N., KARTVELISHVILI L.**  
**BIO-TRANSFORMATION OF WASTE FROM THE MAN-**  
**GANESE INDUSTRY INTO MICROELEMENTS IN THEIR**  
**FERTILIZERS ..... 21**

**BEZHANISHVILI A.**  
**REQUIEREMENTS OF SAFETY EXPLOITATION**  
**AND REPAIR OF MECHANICAL EQUIPMENT**  
**OF QUARRY ..... 26**

**JANGIDZE M., SILAGADZE V., STERIAKOVA S.**  
**DEVELOPMENT OF ACTIVITIES OF GRAVITY**  
**HYDRAULIC FEED AND REGULATION**  
**OF CEMENTATION REACTORS FOR EXTRACTION OF**  
**COPPER FROM ACID WATER OF**  
**JSC "MADNEULI" CAREER AND DUMP PALLET ..... 34**

**APPLICATION OF EXPLOSIVE ENERGY**  
**NADIRASHVILI M., VARSHANIDZE I., IASHVILI T., BEINASHVILI G.**  
**MECHANISM OF EXPLOSIVE PROCESSES..... 41**

**KUCHUKHIDZE Z., APRIASHVILI A., TKHELIDZE G., ABESADZE N.**  
**THE WAYS TO REDUCE THE SEISMIC**  
**VIBRATIONS GENERATED BY THE EXPLOSION ..... 46**

**CHAGELISHVILI E., GODIBADZE B., DGEBUADZE A., TUTBERIDZE M.**  
**PRODUCTION OF HEAT-REFLECTING**  
**ELEMENTS BY EXPLOSIVE TECHNOLOGY**  
**FOR POWER ELECTRONICS ..... 53**

**TSVERAVA D., BEZHANOVI F., KVINIKADZE S.,**  
**VANISHVILI A., KIRTHADZE L., ABASHIDZE G.**  
**TEST RESULTS OF POLYMER CONCRETE**  
**AT ELEVATED AND HIGH TEMPERATURES**  
**AND ON INFLAMMATION (FLAMMABILITY ..... 58**

**SAFE TECHNICS**

**LELUASHVILI L., RIGISHVILI T., LELUASHVILI G., STERYAKOVA S.**  
**CONDENSING ANODIC GROUNDING OF CATHODIC PRO-**  
**TECTION ..... 60**

**PIRTSKHALAVA T.**

**CALCULATION OF EMISSION OF DUST AT WORK OF CA-**  
**REER MOTOR TRANSPORT ..... 65**

**ANALYSIS**

**JAPARIDZE L., GOBEJISHVILI T., LOSABERIDZE M., DEMETRASHVILI S.**  
**COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING**  
**METHODS FOR CALCULATING**  
**CONSEQUENTIAL LANDSLIDE BODIES**  
**OF BLOCK TYPE ..... 70**

**EKONOMICS**

**SHAPAKIDZE E., SKHVITARIDZE R., KAMUSHADZE I., GABUNIA L., GE-**  
**JADZE I., CHEISHVILI O., PETRIASHVILI T.**  
**DEVELOPMENT OF THE REGIME OF THERMAL**  
**MODIFICATION OF CLAYEY ROCKS FOR**  
**THEIR POZZOLANIC ACTIVATION ..... 76**

**LOBJANIDZE G., TABATADZE G., NANITASHVILI G.**  
**CURRENT ASPECTS OF THE POTENTIAL**  
**FOR MINING-INDUSTRIAL CLUSTERS**  
**FORMATION IN THE IMERETI REGION ..... 94**

**IUBILEE**

**GODERDZI TABATADZE – 80 ..... 95**

**ATTENTION ..... 98**

**აპაღ. დოქტორი კ. ხაჩატურიანი, აპაღ. დოქტორი ნ. გიზია,  
ბ. ინუშიძე, თ. გურული**  
**განტონიტიური თიხების დისპერსიულობის გამოკვლევა-შეფასება  
და მისი მნიშვნელობა პრაქტიკული გამოყენებისთვის**

*ანოტაცია. სტატიაში მოცემულია ბენტონიტების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური პარამეტრის – დისპერსიულობის მოკლე აღწერა და მისი გაუმჯობესების გზები. გამოკვლეულია საქართველოს ჩურჩუტო-ჭიხელისა და ვანისქედის საბადოების ბენტონიტური თიხები, შესაძარებლად კი შესწავლილია ვაიომინგის (აშშ) და საბერძნეთის ბენტონიტური თიხები. დადგენილია, რომ ჩურჩუტო-ჭიხელის ბენტონიტები ბუნებრივი სახით არიან ძლიერ აგრეგირებულნი და პრაქტიკულად არ შეიცავენ კოლოიდურ წვრილდისპერსიულ ფრაქციას, რომელიც თითქმის არ იცვლება პეპტიზატორით (5, 7 და 9%  $Na_4P_2O_7$ ) დამუშავების შედეგად. ვანისქედის ბენტონიტი ნატრიუმის პიროფოსფატის მოქმედებისას მიღებული დისპერსიულობის მონაცემებით ჩამორჩება აშშ-ს ბენტონიტს, მაგრამ ის ამჟღავნებს მსგავსებას საბერძნეთის ბენტონიტურ თიხასთან, რაც მნიშვნელოვანია მისი პრაქტიკული გამოყენებისთვის.*

**საკმანძო სიტყვები:** საბადო; ბენტონიტური თიხა; მონტორილონიტი; მიმოცვლითი კატიონები; დისპერსიულობა; სელიმენტაციური მეთოდი; წვრილდისპერსიული ფრაქცია; პეპტიზატორი.

ბენტონიტური თიხების ხარისხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია მათი დისპერსიულობა ბუნებრივ მდგომარეობაში და ნატრიუმის მარილებით დამუშავებისას ადვილად დისპერგირების უნარი. დისპერსიულობა დამოკიდებულია მიმოცვლითი კატიონების სახეობაზე და მათ რაოდენობაზე: რაც უფრო მეტია ბენტონიტის ნაწილაკების დიფუზურ შრეში ტუტე მეტალების მიმოცვლითი კატიონების რაოდენობა, მით უფრო მაღალია მისი დისპერსიულობა. ტუტე ბენტონიტები ამჟღავნებენ მაღალ დისპერსიულობას, ვინაიდან წყლის მოლეკულებსა და წვრილდისპერსიულ ნაწილაკებს შორის არსებული კავშირის გამო ეს უკანასკნელი წყლის არეში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იმყოფებიან შეწონილ მდგომარეობაში; აღნიშნულ თიხებში წვრილდისპერსიული ფრაქციის რაოდენობა აღწევს 60-90 %-ს. ტუტემიწა ბენტონიტები ამჟღავნებენ დაბალ დისპერსიულობას, რადგანაც მათ დიფუზურ შრეში სჭარბობს კალციუმის და მაგნიუმის სუსტად ჰიდრატირებული მიმოცვლითი კატიონები, რომლებიც მჭიდროდ აკავშირებენ თიხის ნაწილაკებს ერთმანეთთან, ხოლო წყლის არეში უკანასკნელი იშლებიან მსხვილ აგრეგატებად, რომლებსაც არ შეუძლიათ დიდხანს ყოფნა შეწონილ მდგომარეობაში და ისინი სწრაფად ილექებიან. ტიპიურ ტუტემიწა ბენტონიტებში ნატრიუმის იონების მცირე რაოდენობით შეყვანა იწვევს წვრილდისპერსიული ფრაქციის გამოსავლის ზრდას [1].

დისპერსიულობის განსაზღვრის არსებული სხვადასხვა მეთოდებიდან ბენტონიტებისთვის საუკეთესო შედეგები მიიღება სელიმენტაციური მეთოდით, რომლის გამარტივებული ვარიანტი შემუშავებულია და მრავალი წლის განმავლობაში გამოიყენება ალექსანდრე თვალჭრელიძის სახელობის მინერალური ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტში [2].

მოცემული კვლევის მიზანს წარმოადგენს ბენტონიტური თიხების ერთ-ერთი ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრის – დისპერსიულობის გამოკვლევა და შეფასება. ჩატარდა საქართველოს ჩურჩუტო-ჭიხელისა და ვანისქედის საბადოების ბენტონიტური თიხების დისპერსიული ანალიზი, შესაძარებლად კი გამოკვლეული იყო აშშ-ს (ვაიომინგი №1) და საბერძნეთის ბენტონიტები.

რენტგენოფაზური ანალიზით დადგენილ იქნა წარმოდგენილი სინჯების პოლიმინერალური აგებულება; ყველა მათგანში იდენტიფიცირებულია Ca-მონტორილონიტი, ამასთანავე ვანისქედის და საბერძნეთის ბენტონიტებში მისი სტრუქტურა მოწესრიგებულია მაღალი ხარისხით, ხოლო ჩურჩუტო-ჭიხელის სინჯებში ის საშუალოდ დაკრისტალებულია. მინარეგების სახით სინჯები ძირითადად შეიცავენ Ca-Na-მინდვრის შპატსა და კვარცს, ხოლო ქარსი, α-კრისტობალიტი, კალციტი და კოლინიტი წარმოდგენილია კვალის სახით. ქიმიური ანალიზის მონაცემებით მათში ტუტემიწა კატიონების შემცველობა მნიშვნელოვნად აღემატება ტუტე კატიონების რაოდენობას.

გამოსაკვლევი თიხების აგრეგირების ხარისხისა და არათიხური მინერალებით მათი დაბინძურების დადგენის მიზნით, დისპერსიულობის განსაზღვრა ჩატარდა როგორც ბუნებრივი სახით, ასევე ნატრიუმის პიროფოსფატით ( $Na_4P_2O_7$ ) დამუშავების შემდეგ, რომელიც, როგორც ცნობილია, თიხებისთვის არის ყველაზე უფრო ეფექტური პეპტიზატორი. სინჯების დაწვრილმანების ხარისხი შეადგენდა -5+0 მმ-ს; ცდები ასევე ჩატარდა -2+1 მმ ფრაქციაზე; ორივე ფრაქციის შემთხვევაში თიხურ სუსპენზიებში პეპტიზატორის შეყვანის შემდეგ მიღებულია პრაქტიკულად ერთნაირი შედეგი.

ცხრილში 1 მოყვანილია  $Na_4P_2O_7$ -ს სხვადასხვა რაოდენობის დამატებისას მიღებული ბენტონიტური თიხების დისპერსიულობის ცვლილების შედეგები. ცხრილის მონაცემებით, ჩურჩუტო-ჭიხელის საბადოს ყველა შესწავლილი სინჯი არის უხემდისპერსიული: I ფრაქციის გამოსავალი მაღალია და საშუალოდ აღწევს ~ 52 %-ს; ეს სინჯები პრაქტიკულად არ შეიცავენ ყველაზე მნიშვნელოვან კოლოიდურ წვრილდისპერსიულ III ფრაქციას (სინჯებში №1 და №5 მისი შემცველობა შეადგენს შესაბამისად მხოლოდ 1,11 და 4,90 %-ს); II ფრაქციის შემცველობა მათში შეადგენს საშუალოდ ~ 47 %-ს. 5 %-ანი პეპტიზატორით დამუშავების შემდეგ მიმდინარეობს უხემდისპერსიული ფრაქციის ნაწილობრივი დეზაგრეგაცია, რის ხარჯზე შუალედური II ფრაქციის საშუალო გამოსავალი, ბუნებრივთან შედარებით, ოდნავ იმატებს, ასევე უმნიშვნელოდ იმატებს III ფრაქციის საშუალო გამოსავალიც.

როდესაც თიხა ძლიერ ავრეგირებულია, სუსპენზიაში შეყავთ ნატრიუმის პიროფოსფატის არა 5 %-ანი, არამედ უფრო მაღალი პროცენტობის ხსნარი და ადგენენ პექტიზატორის ოპტიმალურ დოზას [1], ამიტომ გამოსაკვლევი სინჯები დამუშავებულ იქნა 7 და 9 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ. 7 %-ანი ნატრიუმის პიროფოსფატით დამუშავების შემდეგ I ფრაქციის გამოსავალი შემცირდა და შეადგინა საშუალოდ ~ 36 %-ს, II ფრაქციის გამოსავალი შესაბამისად გაიზარდა და შეადგინა საშუალოდ ~ 54 %-ს, ხოლო III ფრაქციის საშუალო გამოსავალი შეიცვალა

უმნიშვნელოდ და შეადგინა ~ 10 %-ს; 9 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ დამუშავების შედეგად სინჯების დისპერსიულობა ფრაქციების მიხედვით თითქმის არ შეიცვალა: ფრაქციების სიდიდეები დარჩა ისეთივე, როგორც იყო 7 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ დამუშავების შემდეგ. აქედან გამომდინარე, ჩურჩუტო-ჭიხელის შესწავლილი სინჯებისთვის ოპტიმალურია 7 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ დამუშავება. მიღებული შედეგებით დადგინდა, რომ სინჯების დამუშავება ნატრიუმის

**ცხრილი 1**

**ბენტონიტური თიხების დისპერსიულობა**

№ №	ბენტონიტის საბადო	დისპერსიულობა ფრაქციების მიხედვით		
		I ფრაქცია > 60 მკმ	II ფრაქცია 1,5-60 მკმ	III ფრაქცია <1,5 მკმ
1	<b>ჩურჩუტო-ჭიხელი სინჯი № 1</b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	48,0	50,89	1,11
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	44,0	50,47	5,53
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	33,8	59,40	6,80
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	33,6	55,33	11,07
2	<b>ჩურჩუტო-ჭიხელი სინჯი № 2</b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	52,5	47,50	0
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	47,0	45,09	7,91
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	40,0	51,78	8,22
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	34,8	52,55	12,65
3	<b>ჩურჩუტო-ჭიხელი სინჯი G<sub>42</sub></b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	64,9	35,10	0
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	59,5	34,97	5,53
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	53,8	34,34	11,86
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	53,0	34,82	12,18
4	<b>ჩურჩუტო-ჭიხელი სინჯი G<sub>52</sub></b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	47,5	52,50	0
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	29,3	64,69	6,01
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	11,7	80,87	7,43
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	17,0	77,47	5,53
5	<b>ჩურჩუტო-ჭიხელი სინჯი № 5</b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	45,0	50,10	4,90
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	39,8	49,45	10,75



	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	42,0	44,87	13,13
6	<b>ვანისქელი - 1</b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	29,15	55,27	15,58
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	12,85	54,02	33,13
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	7,0	47,0	46,0
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	7,0	37,0	56,0
7	<b>ვაიომინგი № 1</b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	2,3	18,95	78,75
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	2,5	12,42	85,08
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	2,5	14,32	83,18
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	2,2	11,61	86,19
8	<b>საბერძნეთი</b>			
	-,- ბუნებრივი სახით	36,0	54,04	9,96
	-,- დამუშავებული 5 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	21,2	45,43	33,37
	-,- დამუშავებული 7 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	19,5	33,06	47,44
	-,- დამუშავებული 9 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	11,3	33,35	55,35

პიროფოსფატის გაზრდილი რაოდენობითაც თითქმის არ ზრდის კოლოიდური ფრაქციის გამოსავალს; სავარაუდოდ, ეს იმით არის განპირობებული, რომ ჩურჩუტო-ჭიხელის თიხის ნაწილაკები ძლიერ შეცემენტებულია წყალში ძნელად ხსნადი ნივთიერებებით.

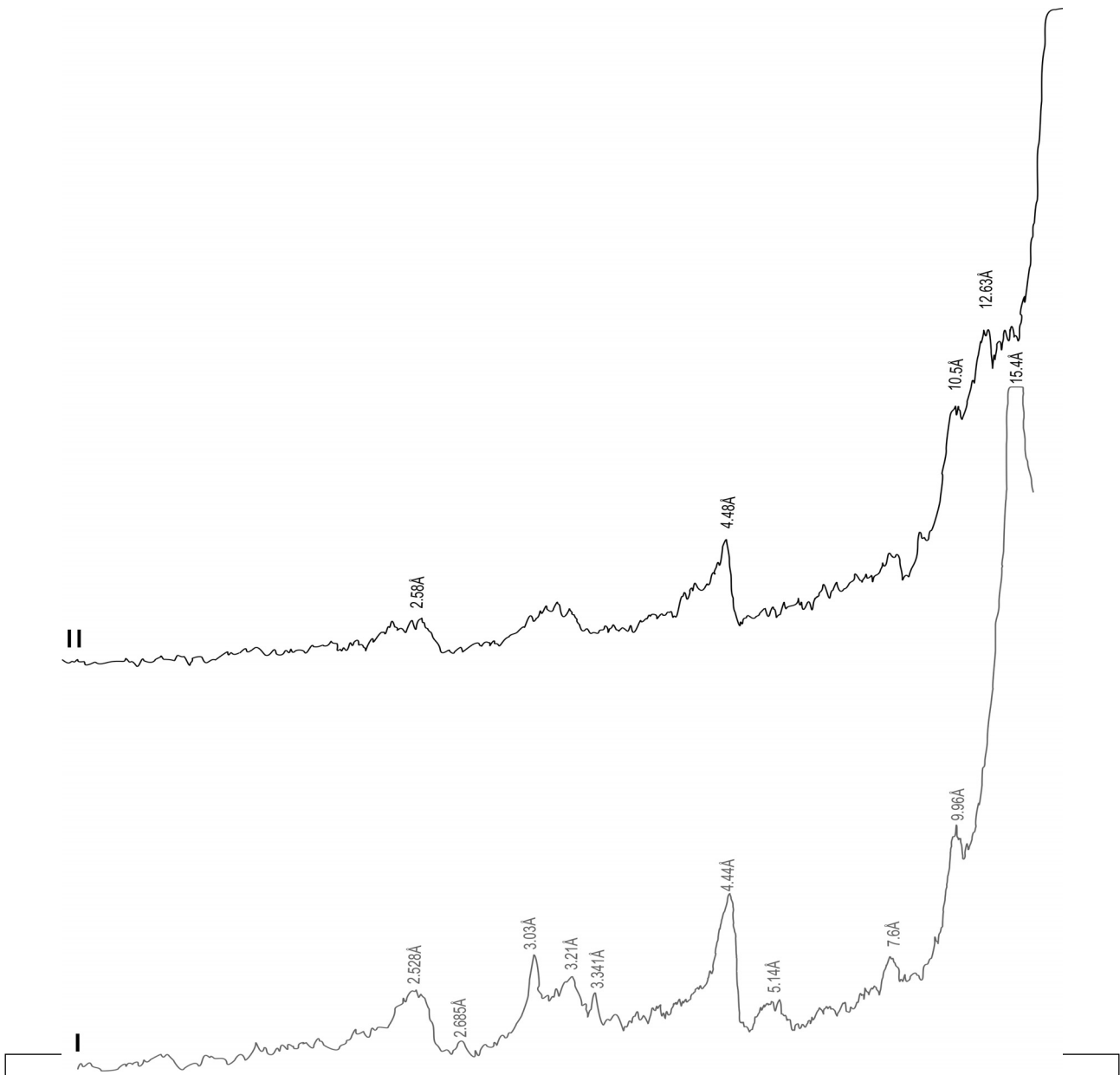
ბუნებრივ მდგომარეობაში ვანისქელის-1 სინჯში ფრაქციები განაწილებულია შემდეგნაირად: I ფრაქციის გამოსავალი შეადგენს ~ 29 %-ს, II ფრაქციის გამოსავალი ~ 55 %-ს, ხოლო III ფრაქციის გამოსავალი ~ 16 %-ს. 5 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ დამუშავების შემდეგ III ფრაქციის გამოსავალი იზრდება ~ 33 %-მდე; 7 %-ანით დამუშავების შემდეგ ის უკვე შეადგენს 46 %-ს, ხოლო 9 %-ანით დამუშავების შემდეგ კი მისი გამოსავალი შეადგენს 56 %-ს. III კოლოიდური ფრაქციის აღნიშნული მატება მიმდინარეობს, ძირითადად, I და II ფრაქციების დეზაგრეგირების ხარჯზე. მასასადამე, მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ ვანისქელის-1 სინჯისთვის 9 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ დამუშავება არის ოპტიმალური; ის იწვევს სინჯის მაქსიმალურ დეზაგრეგირებას და წვრილდისპერსიული ფრაქციის გამოსავალი მიყვას ისეთ მნიშვნელობამდე (~ 60 %-მდე), რომელიც დამახასიათებელია ტუტე ბენტონიტებისთვის. უნდა აღინიშნოს, რომ რენტგენოდიფრაქტომეტრიული შესწავლის შედეგად ამ სინჯის II ფრაქციაში, რომელიც მიღებულია 9 %-ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -თ დამუშავებით, საწყის ფორმისაგან განსხვავებით, დაფიქსირებულია სუსტად დაკრისტალბული Na-მონტმორილინიტი (იხ. ნახ.1), რომლისთვის ნორმალურ პირობებში დამახასიათებელია  $d_{001}$  რეფლექსის გარკვეული მნიშვნელობა:  $d_{001} \sim 12 \text{ \AA}$ .

აშშ-ს მაღალხარისხოვან ბენტონიტში (ვაიომინგი №1), როგორც მოსალოდნელი იყო, წვრილდისპერსიული III ფრაქციის გამოსავალი მაღალია და ბუნებრივ მდგომარეობაში აღწევს ~ 80 %-ს, ხოლო პეპტიზატორით დამუშავებისას ის იზრდება და აღწევს 86 %-ს; ამავე დროს უხეშდისპერსიული I ფრაქციის გამოსავალი, რომელიც ბუნებრივ მდგომარეობაში შეადგენს მხოლოდ ~ 2,3 %-ს, პრაქტიკულად არ იცვლება და III ფრაქციის მატება ხდება შუალედური ფრაქციის დეზაგრეგაციის ხარჯზე.

ბუნებრივ მდგომარეობაში საბერძნეთის ბენტონიტში III ფრაქციის გამოსავალი შეადგენს ~ 10 %-ს, ხოლო პეპტიზატორით დამუშავებისას ის მატულობს და აღწევს ~ 55 %-ს, რაც გამოწვეულია I და II ფრაქციების დეზაგრეგირებით.

მასასადამე, ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩურჩუტო-ჭიხელის ბენტონიტები ბუნებრივი სახით არიან ძლიერ აგრეგირებულნი და პრაქტიკულად არ შეიცავენ კოლოიდურ წვრილდისპერსიულ ფრაქციას, რომელიც თითქმის არ იცვლება პეპტიზატორით (5, 7 და 9%  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ )

დამუშავების შედეგად, ვანისქელის ბენტონიტი ნატრიუმის პიროფოსფატის მოქმედებისას მიღებული დისპერსიულობის მონაცემებით ჩამორჩება აშშ-ს ბენტონიტს, მაგრამ ის ამჟღავნებს მსგავსებას საბერძნეთის ბენტონიტურ თიხასთან და შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც თიხის საბურღი ხსნარების მოსამზადებლად, ასევე მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში.



ნახ. 1. ვანისქელი - 1 ბენტონიტის დიფრაქტოგრამები:  
 1 - ბუნებრივი სახით - Ca - მონტმორილონიტი; 2 - 9 % -ანი  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -ით  
 დამუშავების შემდეგ (II ფრაქცია) - Na - მონტმორილონიტი

**ლიტერატურა**

1. Мерабишвили М.С. Бентонитовые глины. Мецниереба, Тбилиси, 1979. 310 с.
2. Роква М.Л., Мачабели Г.А., Мерабишвили М.С. Поиски, разведка и оценка месторождений бентонитовых глин. Недра, Москва, 1971. 76 с.
3. Шахбазов Э., Велиев Ф. Разработка нанобентонита на основе природного ресурса

- Азербайджана. В сб.: Конференция по нефтехимии, посвященная 100-летию со дня рождения академика Л.Д. Меликадзе, Тбилиси, 2012. с. 52-57.
4. Буланов В.А., Сизых А.И. Кристаллохимизм пороодообразующих минералов. Иркут. Ун-т, Иркутск, 2005. 220 с.

**ХАЧАТУРЯН К.К., ГЕГИЯ Н.А., ЭНУКИДЗЕ Г.Ш., ГУРУЛИ Т.С.**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ДИСПЕРСНОСТИ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

**KNACHATURIAN K., GEGIA N., ENUKIDZE G., GURULI T.**  
**RESEARCH AND ASSESSMENT OF DISPERSION OF BENTONITIC CLAYS AND ITS VALUE FOR PRACTICAL APPLICATION**

**АННОТАЦИЯ:** В статье приводится краткое описание одного из важнейших технологических параметров бентонитовых глин – дисперсности и указаны пути ее повышения. Исследованы бентонитовые глины Грузии из месторождений Чурчუто-Чихели и Ванискеди, а также для сравнения изучены бентонитовые глины из Вайоминга (США) и Греции. Установлено, что бентониты Чурчუто-Чихели в природном виде сильно агрегированы и практически не содержат коллоидную мелкодисперсную фракцию, которая почти не изменяется в результате обработки пептизатором (5, 7 и 9 %  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ). Бентонит Ванискеди по данным дисперсности, полученными после обработки порофосфатом натрия, уступает бентониту США, но проявляет сходство с бентонитом Греции, что важно для его практического применения.

**ANNOTATION:** The short description of one of the most important process parameters of bentonitic clays – dispersions is provided in article and paths of its increase are specified. Bentonitic clays of Georgia from Churchuto-Chikheli and Vaniskedi’s fields are investigated and also for comparison bentonitic clays from Wyoming (USA) and Greece are studied. It is established that Churchuto-Chikheli bentonites in a natural look are strongly aggregated and practically don’t support the colloid fine fraction which almost doesn’t change as a result of processing by a peptizator (5, 7 and 9 % of  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ). Vaniskedi bentonite according to dispersion, received after processing porofosfaty sodium, concedes to bentonite of the USA, but shows looking alike bentonite of Greece that is important for its practical application.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** месторождение; бентонитовая глина; монтмориллонит; обменные катионы; дисперсность; седиментационный метод; мелкодисперсная фракция; пептизатор.

**KEY WORDS:** field; bentonitic clay; montmorillonite; exchangeable cations; dispersion; sedimentation method; fine fraction; peptizator.

№ 549. 621. 9

**აპაღ. ღოქტორი, ასოც. პროფესორი დ. გლუაშვილი**  
**ღოქტორანტი გ. შინღიაშვილი**  
**გუჯარათი-წყაროსთავის (საჩოკვი) შინღიანი ველის სტრუქტურულ-გეოლოგიური ჰოზიცია**

*ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია აჭარა-თრიაღეთის გუჯარათი-საჩოკვის მაღნიანი ველის სტრუქტურულ-გეოლოგიური თავისებურებები. მაღნიანი ველი ტექტონიკურად მეტად გართულებულია, ვხვდებით სხვადასხვა ტიპის დიზუნქტივებს და ნაპრალებს. გახსნის ხარისხის მიხედვით საკვლევ ტერიტორიაზე ვლინდება: ფარული, დაზურული და ღია ტიპის ნაპრალები. სწორედ აღნიშნული ტიპის ნაპრალები წარმოადგენენ გამაღნიანთვის ხელსაყრელ გარემოს. მაღნიანი ველის ფარგლებში, გამაღნიანის ინტენსივობის მიხედვით, ამჟამად გამოიყოფა ორი ობიექტი: დასავლეთით გუჯარათის და აღმოსავლეთით საჩოკვის (წყაროსთავის), რომლებიც ერთმანეთისგან სივრცობრივად გამოჯნულია შედარებით ნაკლებად მინერალიზებული ტარსონის ახვეებული ბლოკით.*

*ბულებას, კერძოდ, კი მაგმატიზმსა და დიზუნქტიური სტრუქტურების ხასიათს, მაღნიანი ველის ფარგლებში მაგმური სისტემებისთვის იქმნება ხელსაყრელი პირობები. კერძოდ, არჯევან-ბაკურიანის რღვევის მიმდებარე ზოლში იქმნება ყველა პირობა ჰიდროთერმული ზონების ჩამოყალიბებისათვის. შესაძლებელია მაღანწარმოშობაში მონაწილეობას ღებულობ დნენ, როგორც ორთოგენეტური წარმოშობის ჰიდროთერმები, ასევე მეტეორული წყლები, რომლებიც მეტალებისა ექსტრაქციას ახღენენ შემცველი ქანებიდან. ჩვენი აზრით ადგილი უნდა ჰქონოღა ფლოიდებისა და მეტეორული წყლების აქტიურ კონტამინაციას, რის შედეგადაც ჩამოყალიბდა გუჯარათი-საჩოკვის მაღნიანი ველი.*

*თუ გავითვალისწინებთ რაიონის გეოლოგიურ აგე-*

*საკვანძო სიტყვები: მაღნიანი ველი; გამაღნიანა; მაღან-გამოვლიანება; ნაოჭა სისტემა; რღვევა; მოწყვეტის და*

**სსლეტვის ნაპრალები; ჰიდროთერმები; კონტამინაცია.**

გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიანი ველი მდებარეობს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ფარგლებში. აღნიშნული ნაოჭა სისტემა, რიგი მკვლევარების მონაცემებით [1, 2, 3, 4] ჩაისახა გვიან ცარცულ დროში, ამიერკავკასიის შუალედური მასივის ცენტრალურ ნაწილში, სუბგანედური ტროვის სახით, რომელიც მკვეთრად გამოიყო ადრეულ პალეოგენში.

გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიანი ველი ჩრდილოეთიდან შემოსაზღვრება არჯევან-ბაკურინის სუბგანედური რეგიონული შეცოცებით, სამხრეთიდან-ნეოგენ-მეოტხეული ლავებით. დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან კი მადნიანი ველის გავრცელება განისაზღვრება გარდგარდმო-ახლომერიდიანიული მიმართულების რღვევითი სტრუქტურებით და სუბინტრუზიული სხეულების კონცენტრაციის არეალით. მადნიანი ველის ენდოგენური გამადნების სტრუქტურული კონტროლი განისაზღვრება არჯევან-ბაკურინის რეგიონული რღვევით. იგი, ჩვენი აზრით, უნდა წარმოადგენდეს მადანგამანაწილებელ სტრუქტურას და როგორც სხვა მადნეული ველების უამრავ შემთხვევაში, საკუთრივ არ შეიცავს გამადნებას. აღნიშნული რღვევითი სტრუქტურა ციკაბოდ ეცემა სამხრეთით და შესწლეტვას უფრო წარმოადგენს, ვიდრე შეცოცებას. მის მიმართ ჩრდილოეთით საგებ გვერდში მდებარე გვიანეოცენურ ტერიგენულ ნალექებზე, სახურავ გვერდში თავზე ადევს შუა ეოცენის ვულკანოგენ-დანალექი ქანები. მადანშემცველია შუაეოცენური ნორმალური, ნატრიუმიანი სერიის [5] მძლავრი ვულკანოგენ-დანალექი კომპლექსის ქანები.

გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიან ველზე გამადნება, რომელიც წარმოდგენილია ჰიდროთერმალური ოქრო-სულფიდური (სპილენძ-პოლიმეტალური) და პირიტული ტიპებით, განთავსებულია ზემოთ აღნიშნული რეგიონული რღვევის სახურავ ბლოკებში და ლოკალიზებულია მასთან შეუღლებულ და მის პარალელურ, ჩრდილოეთით ციკაბოდ დაქანებულ ნაპრალოვების ზონებში.

ოქრო-სულფიდური გამადნება სხვადასხვა უბანებზე წარმოდგენილია ერთი, ან რამდენიმე განშტოებული, პარალელური ან კულისისებრი მონაკვეთებისგან შემდგარი მინერალიზებული ზონისგან. მასში აღინიშნება ოქროსშემცველი სულფიდების სხვადასხვა ასოციაციები, რომელთა შემადგენელი ძირითადი მად-ნეული მინერალებია: ქალკობირტი, გალენიტი, სფალერიტი, პირიტი; ძარღვული მინერალებიდან კი - კვარცი, კალციტი და ბარიტი.

**მადნიანი ველის ფარგლებში**, გამადნების ინტენსივობის მიხედვით, ამჟამად გამოიყოფა ორი ობიექტი: დასავლეთ გუჯარეთის და აღმოსავლეთ ხაჩკოვის (წყაროსთავის), რომლებიც ერთმანეთისგან სივრცობრივად გამიჯნულია შედარებით ნაკლებად მინერალიზებული ტარსონის ახევებული ბლოკით.

გუჯარეთის საბადო მდებარეობს თრიალეთის ქედის სამხრეთით, მდინარეების გუჯარეთის წყლის და რეხას აუზების ზემო წელში. ოქრო-სულფიდური გამადნების განაწილებასა და ლოკალიზაციაში, როგორც ზემოთაც ითქვა, მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ არჯევან-ბაკურინის სუბგანედური შეცოცება და მისი პარალელური რღვევითი და ნაპრალოვანი სტრუქტურები.

მადანშემცველ ქანებს წარმოადგენენ შუა ეოცენური

მასიური ანდეზიტ-ბაზალტური შედგენილობის ლითო და კრისტალო-ლითოკლასტური ფსეფიტური ტუფები და ანდეზიტური ავეიტ-პლაგიოკლაზიანი განფენები და ლავობრექჩიები, ანდეზიტური და ანდეზიტო-ბაზალტური ფსამიტური ტუფების შუაშრეებით. ვულკანოგენ-დანალექი კომპლექსის სიმძლავრე 2 კმ-მდეა.

მადანშემცველმა ვულკანოგენურმა ქანებმა განიცადეს სხვადასხვა ინტენ-სივობით გამოვლენილი რეგიონული პროპილიტიზაცია. ყველაზე ფართო გავრცელებისაა ქლორიტ-კალციტ-ალბიტური მინერალური ასოციაცია. შედარებით ლოკალური გავრცელებისაა ისეთი ტიპობორფული მინერალების ასოციაციები, როგორცაა ეპიდოტი (ცოიზიტი), კვარცი, ჰიდროქარსი, ცეოლითი. დაიკურ ქანებზე, მომეტებული ნაპრალოვებისა და ტემპერატურული გრადიენტის ზონებში განვითარებულია ლოკალური პრენიტ-ჰუმპელიტიანი მეტასომატიტები.

პროპილიტიზირებული ვულკანიტების ფონზე განვითარებულია ჰიდროთერმულად შეცვლილი მძლავრი (200-300-მ-მდე) ზონა, რომელიც შედგება კვარც-სერიციტ-ჰიდროქარსიანი ლოკალური მადანმომიჯნავე მეტასომატიტებისგან. ზონას კი გააჩნია მკვეთრი საზღვრები და ადგილი აქვს მის თანდათან გა-დასვლას პროპილიტიზირებულ შემცველ ქანებში.

საკუთრივ მადანმომიჯნე მეტასომატიტებში ადგილი აქვს ქანთმაშენი და პროპილიტური ფორმაციის შემადგენლობაში შემავალი მინერალების თითქმის მთლიანად ჩანაცვლებას. აღნიშნულ მეტასომატიტებში მადნიანი მინერალებიდან ფართოდაა წარმოდგენილი პირიტი და მისი დაშლის პროდუქტები: იაროზიტი, ჰემატიტი, ლიმონიტი, გოეთიტი. ქანებს ხშირად ზედაპირზე ჟანგიწის სახე აქვთ და ზედაპირზე მომწვანო პროპილიტებისგან გამოირჩევიან გათეთრებული და მოყვითალო-მურა ფერის უბნების სახით. მეტასომატიტების ურთიერთზედდების და მეტასომატური ფაციესის არამკვეთი გადასვლების მიუხედავად, ენდოგენურ გამადნებასთან მიმართებაში შეინიშნება მათი სუსტად გამოსატული ზონალობა, კერძოდ: პროპილიტებში ეპიდოტ-ცოიზიტ-ჰუმპელიტი (პრენიტული) ასოციაცია განვითარებულია ჰიფსო-მეტრულად ქვედა ჰრიზონტებში და დაკავშირებულია მომეტებული ტემპერატურული გრადიენტის მქონე ზონებთან, ვერტიკალური მიმართულებით (მადნის ზედა და ზედა მადნიან დონეებზე) შეინიშნება ცეოლითების და მონტმორილონიტის გაჩენის ტენდენცია. კვარც-სერიციტულ მეტასომატიტებში ლატერალურად გარე ზონებიდან ცენტრისკენ კვარცის რაოდენობა თანდათან მატულობს, ხოლო სერიციტის-კლებულობს.

მადნიანი მარღვები, ზემოაღნიშნული შეცვლილი ზონების ფარგლებში, ხასიათდებიან ურთიერთპარალელური და კულისისებრი განლაგებით, განშტოებით, გაბერებით და გამოსოფლებით როგორც მიმართებაზე, ასევე დაქანებაზე. მადნიანი მარღვების სიმძლავრე მერყეობს რამდენიმე სანტიმეტრიდან 2,5 მ-მდე და საშუალოდ 1მ-ს შეადგენს.

ოქრო გუჯარეთის ობიექტზე ძირითადად წარმოდგენილია თავისუფალი სახით. იგი ძალიან წვრილმარცვლოვანია; მისი ზომა შეადგენს 0,005-0,2 მმ, გვხვდება 0,4-1,0 მმ სიდიდის ცალკეული გამონაყოფები, ძალიან იშვიათად - 1-4 მმ მარცვლები, აღინიშნება ოქროს ფირფიტული და წაგრძელებული

ფორმები. ოქრო შედარებით სუფთაა და ვერცხლის გარდა (12,3/25,4 %), შეიცავს სპილენძს-0,02%, რკინას-0,01%, მარგანეცს-0,0001 %. ოქროს სინჯიანობა მერყეობს 700 და 950 %-მდე და საშუალოდ შეადგენს 761 % [6].

მადანშემცველი ზონების მთლიანობა როგორც პორიზონტალურ, ისე ვერტიკალურ სიბრტყეში დარღვეულია მერიდიანული მიმართების რღვევით, რომელთა ამპლიტუდა ზოგ შემთხვევაში პირველ ასეულ მეტრებს აღწევს. შედეგად ობიექტი პირობითად დაყოფილია სამდასავლეთ, ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილებად.

გუჯარეთის ობიექტი მ. ცხელიშვილის [6] მიერ შესწავლილია ზედაპირული (თხრილები, ტრანშეები) და მიწისქვეშა (ოთხი გვირაბი) გამონამუშევრებით და ჭაბურღილებით. გუჯარეთის ოქრო-სულფიდურ ობიექტზე დათვლილია C<sub>2</sub> კატეგორიის მარაგები: ოქრო-1,14 ტ (საშ. შემცველობა 5,8 გ/ტ), ვერცხლი- 5,26 ტ (საშ. შემცველობა 14,35 გ/ტ); სპილენძი- 5485 ტ (საშ. შემცველობა 1,2 %); ტყვია- 1560 ტ (საშ. შემცველობა 0,37 %); თუთია- 1668 ტ (საშ. შემცველობა 0,58 %). P<sub>1</sub> კატეგორიის პროგნოზული რესურსები კი შეადგენს: ოქრო- 3,9 ტ; ვერცხლი - 7,6 ტ; სპილენძი - 13811 ტ. ტყვია - 4018 ტ; თუთია - 7910 ტ.

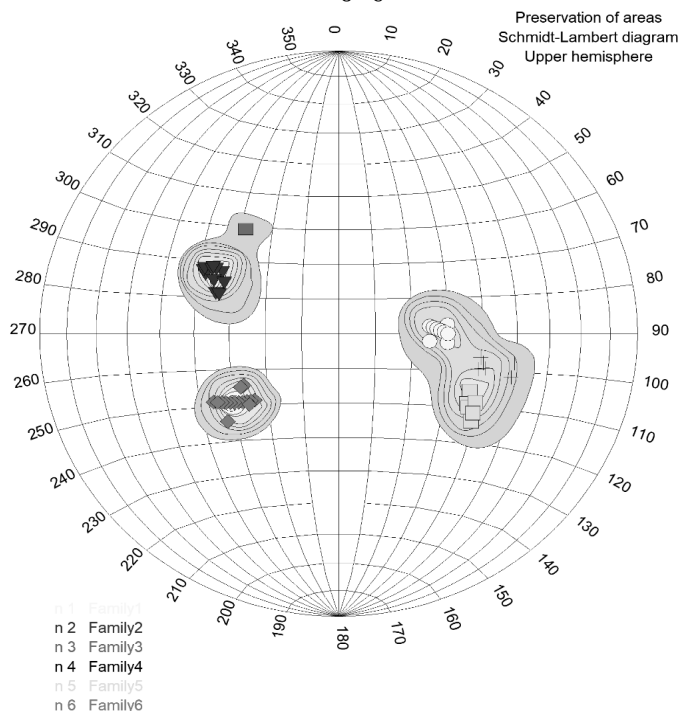
რაც შეეხება ხაჩკოვის მადანგამოვლინებას იგი ჩრდილოეთიდან შემოისაზღვრება არჯევან-ბაკურიანის სუბგანედური რეგიონული შესწლელტვა-შეცოცებით, სამხრეთიდან-ნეოგენ-მეოტხეული ლავეებით. დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან კი მადანგამოვლინების გავრცელება განისაზღვრება გარდიგარდმოახლო მერიდიანული მიმართულების რღვევითი სტრუქტურებით და სუბინტრუხიული სხეულების კონცენტრაციის არეალით. მადანგამოვლინებაზე ენდოგენური გამადნების სტრუქტურული კონტროლი განისაზღვრება არჯევან-ბაკურიანის რეგიონული რღვევით [7].

ხაჩკოვის მადანგამოვლინებაზე გამადნება, რომელიც წარმოდგენილია ჰიდროთერმალური ოქრო-სულფიდური (სპილენძ-პოლიმეტალური) და პირიტული ტიპებით, განთავსებულია ზემოთ აღნიშნული რეგიონული რღვევის სახურავ ბლოკებში და ლოკალიზებულია მასთან შეუღლებულ და მის პარალელურ, ჩრდილოეთით ციცაბოდ დაქანებულ ნაპრალოვლების ზონებში.

ოქრო-სულფიდური გამადნება სხვადასხვა უბანებზე წარმოდგენილია ერთი, ან რამდენიმე განშტოებული, პარალელური ან კულისისებრი მონაკვეთებისგან შემდგარი მინერალიზებული ზონისგან. მასში აღინიშნება ოქროსშემცველი სულფიდების სხვადასხვა ასოციაციები, რომელთა შემადგენელი ძირითადი მადნეული მინერალებია: ქალკოპირიტი, გალენიტი, სფალერიტი, პირიტი; მარღვეული მინერალებიდან კი - კვარცი, კალციტი და ბარიტი. აღნიშნულის გამო, მადანგამოვლინების ფარგლებში დაფიქსირებულია რიგი სტრუქტურებისა, რომლებიც, ჩვენი აზრით, წარმოადგენენ გარდიგარდმო რღვევებისგან და მადნის ღარიბი ინტერვალებისგან განმხოლოებული ერთიანი, მინერალიზებული ზონის შემადგენელ ნაწილებს. მადანგამოვლინების ფარგლებში ფიქსირდება აგრეთვე სხვადასხვა გენეტური ტიპის რღვევითი სტრუქტურები, რომლებიც გამადნების თვალსაზრისით ქმნიან, როგორც მადანმომცვან, ისე მადანშემცველ და მადან-განმანაწილებელ სისტემებს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მადნიანი ველი ტექტონიკურად მეტად გართულებულია, სადაც ვხვდებით სხვადასხვა ტიპის ტექტონიკურ ნაპრალებს, რომლებიც ხელსაყრელ პირობებს ქმნიან გამადნებისათვის.

საველე სამუშაოების დროს, ჩვენ მოვახდინეთ ნაპრალოთა კლასიფიცირება გეომეტრიული და გენეტური ნიშნების მიხედვით. გეომეტრიული კლასიფიკაციისას ნაპრალები დავავჯგუფეთ სივრცობრივი ორიენტაციის მიხედვით (ნახ.1). ისინი უმეტესად კვეთენ შემცველ ქანებს.



ნახ. 1 ნაპრალოთა გეოლოგიური მდებარება შმიდტის ბაღეზე

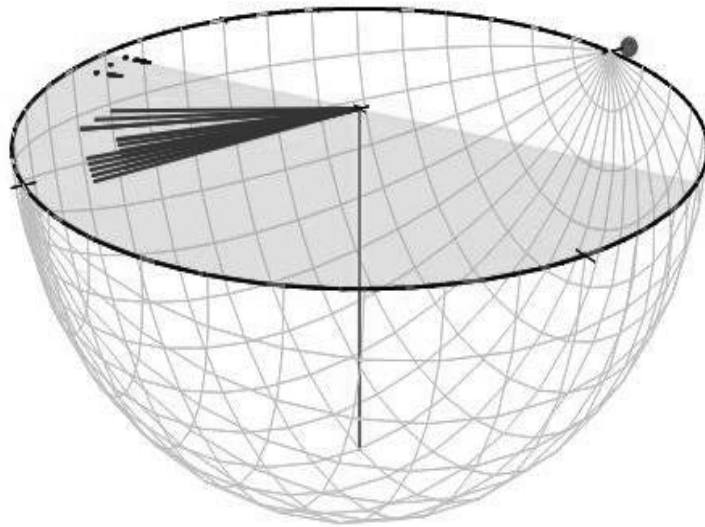
საკვლევ ტერიტორიაზე დავაფიქსირეთ ხუთი ნაპრალო სერია, რომლებიც ვოლტერ შმიდტის ბადეზე გაერთიანდნენ სამ ნაპრალო სისტემაში. მათი წოლის ელემენტებია:

1. დაქ. აზ. 85-95, დახრის კუთხე 25-35 (10 ნაპრა-ლი);
2. დაქანების აზიმუტი 280-295, დახრის კუთხე 38-42 (12 ნაპრალი);
3. დაქანების აზიმუტი 115-125, დახრის კუთხე 50-60 (8 ნაპრალი);
4. დაქანების აზიმუტი 100-110, დახრის კუთხე 55-62 (6 ნაპრალი);
5. დაქანების აზიმუტი 230-20, დახრის კუთხე 35-48 (15 ნაპრალი).

მადანგამოვლინების ფარგლებში გამოიყოფა ორი გენეტიური ტიპის ნაპრალები, მოწვევებისა და სხლეტვის.

მოწვევების ნაპრალები ჩვეულებრივად გახსნილი არიან და რაიმე გადანაცვლების კვალს არ ატარებენ. შექმნილი სიცარიელე ხშირად ამოვსებულია სხვადასხვაგვარი (ჰიდროთერმული, მაგმური, ზოჯერ კლასტური) წარმონაქ მნებით. მათი ზედაპირები უსწორმასწოროა, ხაოიანი, ზოგჯერ დაკილულიც. მოწვევების ნაპრალების გასწვრივ შეიმჩნევა ქანების ნამსხვრევი მასალა. ხშირად აღნიშნული ნაპრალები მიმართებისა და დაქანების გასწვრივ სწრაფად ისოლებიან.

მოწვევების ტიპის ნაპრალები ნაოჭის ღერძული სიბრტყე



— მოწვევების ტიპის ნაპრალები

■ ნაოჭის ღერძული სიბრტყე

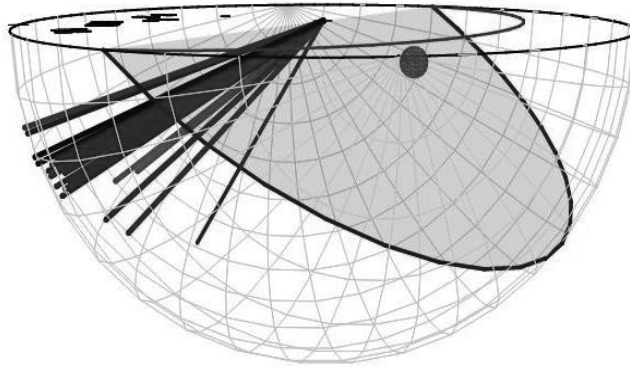
**ნახ. 2. ნაოჭის ღერძისა და ნაპრალო ურთიერთდამოკიდებულება სამგანზო-შილებიან სტერეობადეზე**

სხლეტვის ნაპრალები ჩვეულებრივ მჭიდროდ არიან დახურული. მათ გააჩნიათ გლუვი ზედაპირები, რომლებზეც ხშირად შეიმჩნევა გადანაცვლების კვლები ნაკაწრების, შტრიხებისა და სხლეტვის სარკეთა სახით. ამ ნაპრალებისათვის დამახასიათებელია ნაკლები ცვალებადობა მიმართებასა და დაქანებაზე. შეიმჩნევა უბნები სადაც მათ დიდი გამწეობა ახასიათებთ. ამ ტიპის ნაპრალო ფართო გავრცელება მიუთითებს უბნის შეკუმშვაზე. რღვევების მიმდებარე ზოლში შეიმჩნევა წვრილი ნაპრალიანობა რომელიც არსად არ ატარებს გამჭოლ ხასიათს. ეს ნაპრალები რღვევის სიბრტყის პარალელურნი არიან და აქვთ სხლეტვის ნაპრალო ბუნება.

ზემოთ ხსენებული ნაპრალების ინტერპრეტაციით

ნაოჭის ღერძთან და რღვევის სიბრტყესთან, მიგვიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ დანაოჭების საწყის სტადიაზე, როდესაც დეფორმაციის ელიფსოიდის ღერძს ვერტიკალური მდებარეობა უკავია, ხოლო C მაქსიმალურ შეკუმშვისას ჰორიზონტალური, წარმოიშვა მოწვევების ტიპის ნაპრალები, რომლებიც მართობულ მდგომარეობაში იმყოფებიან ნაოჭის ღერძთან (ნახ. 2).

შემდგომმა ტექტონიკურმა პროცესებმა გამოიწვია, პლასტიკური დეფორმაციის შეცვლა მსხვრევი დისლოკაციით, რასაც მოჰყვა დიზუნქტიური სტრუქტურების ჩამოყალიბება. დანაოჭების ამ ეტაპზე გაჩენილი ნაპრალები, რომლებიც მახვილი კუთხით არიან ორიენტირებულნი რღვევის სიბრტყესთან, წარმოადგენენ სხლეტვის ნაპრალო სისტემას (ნახ. 3).



● სხლეტვის ტიპის ნაპრალები

■ არჯევან-ბაკურიანის რღვევა

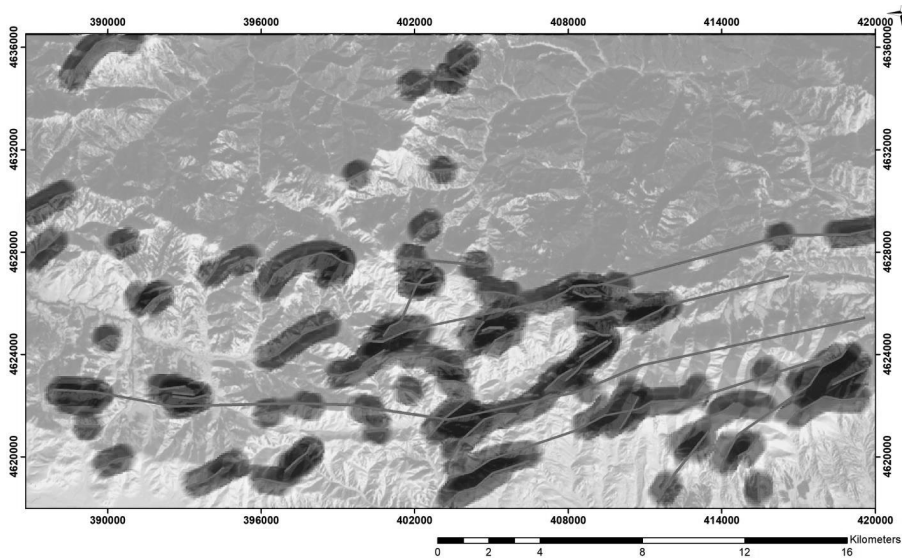
ნახ. 3. რღვევისა და ნაპრალობა ურთიერთდამოკიდებულება სამგანზომილებიან სტერეოპოლზე

დისტანციური ზონდირების მეთოდით ჩატარებული კვლევა მოიცავს გუჯარეთის, ხაჩკოვის, კაბურის და ტარსონის კონტურში მოქცეულ საკვლევ ტერიტორიის ინტერპრეტაციას. ეს მონაცემები მოპოვებულ იქნა დისტანციური ზონდირების ანალიზისა და იმ ტექნიკის გამოყენებით, რომლის მეშვეობითაც ხდება გეოლოგიური სტრუქტურების და შესაძლო ჰიდროთერმულად შეცვლილი ზონების დადგენა.

როგორც ნახ. 4-დან ჩანს ტერიტორია ნიშნულგონადაა დანაწევრებული სხვადასხვა ორიენტაციისა

და გავრცელების ძარღვებით, სადაც მნიშვნელოვნად ჭარბობს ჩრდილო-აღმოსავლური ძარღვები, ისინი გამჭიმავი ნაპრალების მთელი რიგის გაჩენას განაპირობებენ, რომლებიც ართულებს ტერიტორიის გეომორფოლოგიასა და მის მედეგობას ეგზოგენური პროცესებისადმი.

შესასწავლი ტერიტორიის გეოლოგიური ფორმირების, ძარღვული და ნაპრალოვანი ტექტონიკის გაშიფვრის მიზნით შესწავლილ იქნა ძარღვების და დაიკების კავშირი არჯევან-ბაკურიანის რღვევასთან მიმართებაში.



ნახ. 4 დისტანციური ზონდირების მეთოდით გამოყოფილი რღვევითი სტრუქტურები და მათთან დაკავშირებული ჰიდროთერმული შეცვლის ზონები

რაც შეეხება არჯევან-ბაკურიანის რეგიონალურ რღვევას, იგი წარმოადგენს რთულ სტრუქტურას. რღვევის სირთულეს მიუთითებს ის ფაქტი რომ, უშუალოდ მასთან შეუღლებულ სხლეტვის ნაპრალობა სისტემას რომლებიც კვარცის ძარღვების მატარებელი არიან, კვეთს დანაოჭების საწყის სტადიაზე წარმომობილი ნაპრალები, ეს უკანასკნელი კი ოქროს მატარებელი

არაინ. აქედან გამომდინარე არჯევან-ბაკურიანის სუბგანედური რეგიონალური რღვევა დანაოჭებამდე არსებობა და ალბათ მისი ჩასახვა მოხდა რიფტული სტრუქტურის სახით, ხოლო დანაოჭებამ და ქერქის დიფერენცირებულმა მოძრაობამ გამოიწვია მისი გარდაქმნა. სწორედ ამ გარდაქმნის ზონებში ფიქსირდება გუჯარეთი-წყაროსთავის მადნიანი ველი.

**დასკვნა**

ამრიგად, ჩატარებული კვლევა გვიჩვენებს, რომ აჭარა-თრაილეთის ნაოჭა სისტემის ფარგლებში გვიანეოცენურ ტერიგენულ ნალექებსა და შუა ეოცენის ვულკანოგენ-დანალექი ქანებში ფორმირებულია მნიშვნელოვანი მადნიანი ველი, რომელიც გამოყოფილ იქნა როგორც გუჯარეთი-წყაროსთავის (ხაჩკოვი) მადნიანი ველი. იგი მთლიანად კონტროლდება არჯევან-ბაკურიანის რღვევით და მისი გამკვეთი ახალგაზრდა რღვევათა სისტემით და მიეკუთვნება ტიპურ პოსტმაგმურ ჰიდროტერმულ წარმონაქმსს.

თუ გავითვალისწინებთ მადნიანი ველის გეოლოგიურ და სტრუქტურულ აგებულებას, კერძოდ, კი მაგმატიზმსა და დიზიუნქტური სტრუქტურების ხასიათს, მაშინ არჯევან-ბაკურიანის რღვევის მიმდებარე ზოლში იქმნება ხელსაყრელი ფიზიკო-მექანიკური პირობები მადნიანი ველის ჩამოსაყალიბებლად. ჩვენი აზრით, სწორედ ამ სტრესული ზონის ფარგლებში მოხდა ივენულური ფლუიდების და მეტეორული წყლების კონტამინაცია, რამაც გამოიწვია აღნიშული მადნიანი ველის ჩამოყალიბება.

**ლიტერატურა**

1. Адамия Ш. А. и др. Аджаро-Триалетский про-

**БЛУАШВИЛИ Д.И., МИНДИАШВИЛИ Г. Г  
СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ  
ГУДЖАРЕТИ-ЦКАРОСТАВСКОГО (ХАЧКОВИ)  
РУДНОГО ПОЛЯ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрены структурно-геологические особенности Гуджарети-Хачковского рудного поля в Аджара-Триалети. Тектоника рудного поля весьма осложнена, встречаются дизъюнктивы разного типа и трещины. На исследуемой территории по степени открытия встречаются трещины скрытого, закрытого и открытого типа. Именно эти трещины создают благоприятные условия для оруденения. В пределах рудного поля по интенсивности оруденения на данный момент выделяют два объекта: западный Гуджарети и восточный – Хачкови (Цкароста́ви). Данные объекты разделены тарсонским менее минерализованным поднятым блоком.

Принимая во внимание геологическое строение района. В частности, магматизм и характер дизъюнктивных структур, в пределах рудного поля создаются благоприятные условия для магматических систем. В прилегающей к Арджевани-Бакурианскому разлому полосе имеются все условия для формирования гидротермальных зон. В рудообразовании возможно участвуют как гидротермы ортогенетического происхождения, так и метеорные воды, которые осуществляют экстракцию металлов из вмещающих пород. По нашему мнению, имеет место контаминация флюидов и метеорных вод, в результате чего сформировалось Гуджарети-Хачковское рудное поле.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** рудное поле; оруденение; рудопроявление; складчатая система; разрыв; трещины скола и скольжения; гидротермы; контаминация.

გიბი და პრობლემა образования блугобловодкой впадины Черного моря. Ж. Геотектоника, Москва, 1974. с. 67-89.

2. Адамия Ш. А. и др. Характерные черты тектоники Кавказа В. Кн: Геодинамика Кавказа, Наука, Москва, 1989. с. 3-15.

3. Аревадзе В. Л. И др. Отчет Хачковской геолого-поисковой партии по работам 1967-1970. Геол. Фонды. Тбилиси, 1971. с. 558.

4. Аревадзе В. Л. Анчабадзе Е.Г. Отчет о результатах поисковых работ в центральной части Аджара-Триалетской складчатой зоны за 1974-76. Геол. Фонды. Тбилиси, 1977. с.550

5. Дзодендзе Г.С. Домниоценовый вулканизм Грузии. В. Кн: Геология СССР. Груз. ССР, Т,1 Недра, Москва, 1964. с.38-96.

6. მ. ცხელიშვილი და სხვ. ძებნა შეფასებითი სამუშაოების ჩატარება გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიანი ველის გუჯარეთის ოქროს მადანგამოვლინებაზე 1985-1992 წლებში, გეოლ. ფონდები. თბილისი, 1992. გვ. 86.

7. ი. ნაროზაული, მ. გაენიძე. ძამა-გუჯარეთის მადნიანი კვანძის ობიექტების გეოლოგიური მოდელის შემუშავება და სარეკლამო დოკუმენტაციის მომზადება შესრულებული სამუშაოების ანგარიში. კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი. თბილისი, 2001. გვ. 77.

**BLUASHVILI D., MINDIASHVILI G.  
STRUCTURAL-GEOLOGICAL POSITION OF  
GUJARETI-TSKAROSTAVI (KHACHKOVI) ORE  
FIELD**

**ABSTRACT.** Structural-geological characteristics of Adjara-Trialeti Gujareti-Khachkovi ore field are reviewed in the annotation work. The ore field is tectonically highly complicated, various type dysunctives and fractures are observed. According to opening quality the following take place at the investigation territory: invisible, closed and open type fractures. Exactly the mentioned type fractures represent environment convenient for oreing-down. According to oreing-down intensity, two units are selected now within the ore field areas: Gujareti – to West and Khachkovi (Tskarostavi) – to East, which are spatially isolated from each other by less mineralized uplift block of Tarsoni.

Considering geological structure of the region, in particular, magmatism and disjunctive structure characters, convenient conditions are made for magmatic systems within ore field areas. In particular, in adjacent line of Arjevani-Bakuriani fault, all conditions for establishing hydrothermal zones are made. Orthogenetic origin hydrotherms as well as meteoric waters may take part in ore production; they make metal extraction from containing rocks. In our opinion, active contamination of fluids and meteoric waters might take place, resulted of which Gujareti-Khachkovi ore field was formed.

**KEY WORDS:** ore field; oreing-down; ore observation; fold system; fault; calve and thrust fractures; hydrotherms; contamination.



**აპად. დოქტორი მ. ბაგნიძე, აპად. დოქტორი ა. კვიციანი  
ბოლნისის მადნიანი რაიონის გეოლოგიის ზოგიერთი საკითხები**

*ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ბოლნისის მადნიანი რაიონის გეოლოგიის ზოგიერთი საკითხები, მათ შორის სტრუქტურული ერთეულების, მეტასომატური წარმონაქმნების, გამაღნების საერთო ნიშნები და თავისებურებები, ზონალობა, პერსპექტივები.*

*საბუნძობო სიტყვები: მადნიანი რაიონი; სტრუქტურა; პიდროთერმალიტები; ზონალობა.*

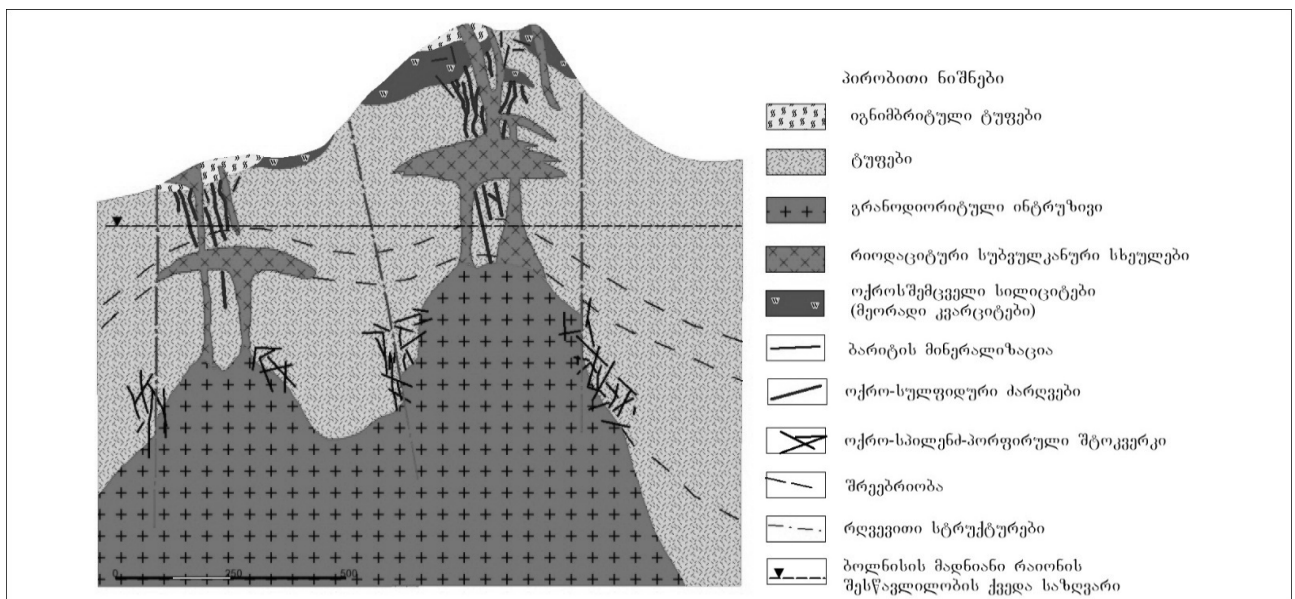
*სამუშაო შესრულებულია ფონდურ და ლიტერატურულ წყაროებზე, შპს „კავკასიის სამთო ჯგუფის“ და საკუთარ მასალებზე დაყრდნობით.*

ბოლნისის მადნიანი რაიონის ქვედა სტრუქტურული საართული გამოხატულია მოზაიკურ-ბლოკური აგებულების იურამდელი გრანიტოიდული წარმონაქმნებით. მისი ფორმირება მიმდინარეობდა ზოგიერთი ბლოკის

ამოზიდვის და პარალელურად მათ ირგვლივ არსებული სხვა ბლოკების დაძირვის ფონზე.

მადნიანი რაიონის ზედა სტრუქტურული საართული წარმოდგენილია მეზო-კაინოზოური, უპირატესად გვიანცარცული (სენომან-კამპანური) წყებებით.

გვიანცარცში სიღრმული არსების მეშვეობით სხვადასხვა ჰიფსომეტრულ დონეზე ადგილი ჰქონდა ვულკანურ-პლუტონური მასის მრავალჯერად შემოჭრას. შედეგად მადნიანი რაიონის სხვადასხვა უბანზე გრანიტოიდული ინტრუზივების თავზე ყალიბდებოდა განსხვავებული სიმძლავრისა და ლითო-ფაციალური შედგენილობის წარმონაქმნები. უკანასკნელი გამოხატულია ფუძე-საშუალო და მჟავე-ტუტე შედგენილობის, რთულად დიფერენცირებული ანტიდრომული რივის ვულკანიტებით [1], მათი სუბვულკანური ანალოგებით, რომელთაც სხვადასხვა ჰიფსომეტრულ დონეზე თან ახლავს შესაბამისი მადნის ტიპები (ნახ. 1).



**ნახ. 1. მადნების სტრუქტურული პოზიცია ვულკანურ-პლუტონური კომპლექსის სვეტში**

მადნიანი რაიონის გვიანცარცული ვულკანიზმისთვის დამახასიათებელია პიროკლასტოლითების უპირატესი გავრცელება.

როლაციტურ ტუფებთან ერთად, სხვადასხვა ლითო-სტრატოვიკანული დონეზე ფიქსირდება იგნიმბრიტული ტუფები. მაგალითად: დავით-გარეჯის ბარიტ-ოქრო-სულფიდურ საბადოზე იგნიმბრიტული ტუფები შეინიშნება სამ ჰიფსომეტრულ დონეზე, რომელთაგან ორი დონე შეესაბამება ოქრო-სულფიდური მადნების დონეს, ერთი-მადნისზედა დონეს.

მადნიანი რაიონის თითქმის ყველა ენდოგენური საბადო და მადანგამოვლინება თავმოყრილია ზედაცარცული ასაკის ვულკანიტების არეალში და მათი ფორმირება მჭიდროდაა დაკავშირებული უკანასკნელთა ფუნქციონირებაზე.

რაიონის მადნიანი სისტემის ფესვური ნაწილები დაკავშირებულია გრანიტული (გრანოლოიდოიდული) ინტრუზივების კერებთან. ისინი უნდა წარმოადგენდნენ მადანწარმომქმნელი ფლუიდების წყაროს, რომელზეც დაშენებულია ერთიანი მადნიანი სისტემის შემადგენელი მადნიანი ქვესისტემები [2, 3]. აქედან გამომდინარე, რაიონის მადნიან ობიექტებს გააჩნიათ ბევრი საერთო ნიშანი, მაგრამ ცალკეული ობიექტები აღიქმებიან მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი გეოლოგიური თავისებურებებით.

ვულკანურ-პლუტონური სისტემისთვის დამახასიათებელია კალდერული სტრუქტურები. ბოლნისის მადნიანი რაიონში არის ფაქტები შედარებით მცირე ზომის ცენტრალური ტიპის სტრუქტურების ფორმირებისაც. ისინი ზოგან გამოხატულია რეგიონის თანამედროვე რელიეფში,

ზოგან სუბველკანური მჟავე-ტუტე შედგენილობის მცირე შტოკების, ნეკების და დაიკების გამოსავლების ერთობლიობით, რომლებიც ქმნიან წრიულ, რკალურ ფორმებს.

პლიკატური სტრუქტურები გამოხატულია ბრაქიფორმული, დიაპირული ნაოჭებით. იშვიათობას არ წარმოადგენს მიკროდანაოჭება სუბველკანური სხეულების და რღვევებთან მომიჯნავე უბნებში, ფლექსურული გაღუნვები ნაოჭების ფრთებში.

ბოლნისის მდინარე რაიონში გამოიყოფა განედური, მათი პერპენდიკულარული ახლომერიდიონალური, ჩრდილო-აღმოსავლური და ჩრდილო-დასავლური რღვევები, მათთან შეუღლებული ნაპრალების სისტემებით, რომლებიც ქმნიან დეფორმაციის ორ გეგმას. უფრო მკვეთრად გამოხატული

ჩრდილო-აღმოსავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთი მიმართულების სტრუქტურები. რღვევები შემდგომ მასკირებული იქნა ვულკანური და პოსტველკანური ჰიდროთერმული წარმონაქმნებით.

მნიშვნელოვანი გავრცელებით სარგებლობენ სხვადასხვა სიმძლავრის (ათეული სანტიმეტრებიდან - ერთეულ, იშვიათად მეტ მეტრამდე) მსხვრევის ზონები გადაადგილების გარეშე.

რღვევითი სტრუქტურების ზედა-ფრონტალური ნაწილები მდინარე რაიონში გამოხატულია მათი განშტოების და მათთან შეუღლების, აგრეთვე დანაოჭებასთან შეუღლებული, აფეთქების, კონტრაქციული, პლანეტარული ნაპრალოვნების სხვადასხვა სისტემებით.

ზედა სტრუქტურულ სართულზე ენდოგენური საბადოების და მადანგამოვლინებების სტრუქტურული პოზიცია მნიშვნელოვანად განისაზღვრა ჩრდილო-აღმოსავლეთი და მათი მართობული ჩრდილო-დასავლეთი ინტენსიური მსხვრევის და ნაპრალოვნების გამოვლენის კვანძებით.

მადანის ლოკალიზაცია ხდებოდა სტრუქტურულ დამჭერებში, შრეთაშორის სივრცეებში, კომპეტენტური (ბრეჭირებული) და მაკრანირებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე ქანების კონტაქტურ, აგრეთვე გეოქიმიური ბარიერების უბნებში [4, 5].

ტექტონურ-მაგმური აქტივიზაციის შედეგად, მადანმატარებელი ფლუიდები, რომლებიც იმყოფებოდნენ კომპლექსური შენაერთების სახით, მიგრირებდნენ ღრმად ჩასახული რამდენიმე მადანმომყვანი და მადანგამანაწილებელი რღვევითი არტერიების მეშვეობით მჟავე გარემოს პირობებში. ვულკანოგენ-დანალექი წყების შემადგენელი სუბველკანური სხეულების წოლის ფორმები (ბექთაკარის, დავით-გარეჯის, მუშევანის და სხვა ობიექტებზე), ფლუიდალობა, ქანების შრეობრიობა უნდა მიუთითებდეს მადანშემცველი ფლუიდური ხსნარების მიგრაციაზე აღმოსავლეთი რუმბებიდან, დასავლეთი რუმბებისკენ.

მადანლოკალიზაციას წინ უძღოდა ფონური, სინგულკანური რეგიონული პრობილიტური მეტასომატიტების წარმოქმნა, რომელიც წარმოდგენილია სხვადასხვა ინტენსიობით გამოვლენილი მომწვანო ფერის ქლორიტ-ჰიდროქარსი-სერიციტ-ალბიტ-კვარცხანი მინერალური ასოციაციით, სადაც ჭარბობს ქლორიტული შემადგენელი. თუმცა საბადოების ღრმა ჰორიზონტებზე არსებობს ლოკალური პრობილიტური ფორმაციის ეპიდოტ-(ციოზიტ)-ქლორიტ-ალბიტ-სერიციტ-კვარცხანი მეტასომატიტებიც. ოქრო-სულფიდური მადნების ქვედა და მდინარე

დონეზე პრობილიტიზირებულ ქანებში (ტუფებში) აღინიშნება თაბაშირის 0.2-2 სმ სიმძლავრის უსწორმასწორო ფორმის მარღვაკები (მადნეულის საბადოს ჩრდილოეთი ფლანგი, ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალური საბადო, ბალიჯის ოქრო-სპილენძის მადანგამოვლინება), დავით-გარეჯის საბადოზე კი ცეოლითები - მორდენიტი, კლინოპტილოლითი [6]. გამადნების ქვედა დონეებზე განვითარებულია ბრეჭირების, ძლიერი გაკვარცების და პირიტიზაციის ზონები. პირიტები გვხვდება სხვადასხვა ზომის კუბური, იშვიათად დოდეკაედრული მოდიფიკაციის.

საბადოების ზედა ჰიფსომეტრულ დონეებზე წარმოიქმნებიან არგილიზიტური და ეგრეთწოდებული მეორადი კვარციტული (სილიციტური) მადანშემცველი მეტასომატიტები [7]. არგილიზიტები წარმოდგენილია კვარც-ქლორიტ-ჰიდროქარს-კაოლინიტ-მონტმორილონიტური (ნონტრონიტული) მინერალური ასოციაციით. კვარციტები გვხვდება მონოკვარციტული, კვარც-ალუნიტური, კვარც-სერიციტული, კვარც-სერიციტ-იაროზიტ-პირიტული, კვარც-ალულარიანი, კვარც-სერიციტ-ჰემატიტური და კვარც-სერიციტ-კაოლინიტური ფაციესების სახით. კვარციტების უკანასკნელი ორი ფაციესი, ოქროს გამადნების ლოკალიზაციასთან მიმართებაში, წარმოადგენს მეტასომატიტების მადნებისგან ლატერალურად მოშორებით განვითარებულ გარე ფაციესს.

კვარციტული მეტასომატოზი განვითარებულია როგორც ტუფოგენურ, ასევე სუბველკანურ რიოლითურ ქანებზე, რისი მაგალითებია: მადნეულის საბადოს, ხატიხსოფლის (წითელისოფლის), ელიას მადანგამოვლინებების ფლანგები და სხვა. ზედაპირზე გამოძვალნი კვარციტები კავერზულია, ინტენსიურად გამოჟანგული და გაჯერებული ლიმონიტით.

ოქროს შემცველი მინერალური ზონების ზედა დონეებზე მადანშემცველ მეტასომატიტებში ღია ნაპრალებსა და სიცარიელებში ხშირია სხვადასხვა ზომისა და ფორმის წვრილკრისტალური ყოფილი კვარცის გამოწყობები. ზოგჯერ ყოფილზე დაზრდილია ქალცედონოპალინობრი მომრგვალო ფორმის (კვირაცხოველის უბანი), შედარებით იშვიათად კარბონატის (არაგონიტი?, სიდერიტი) მცირე წარმონაქმნები (ელიას სამხრეთი უბანი). ზედა მდინარე დონეზე კვარციტებში ყოფილი კვარცის კრისტალების ირგვლივ შეინიშნება მალაქიტის მინერალიზაცია (ქვემო ბოლნისის საბადოს აღმოსავლეთი უბანი). მადანშემცველი კვარციტების ძირითადი მასაც ზოგან (ელიას სამხრეთი უბანი) ფარულკრისტალური ქალცედონისებრია.

მეტასომატიტებთან ერთად, სხვადასხვა ბლოკებში, სხვადასხვა ჰიფსომეტრულ დონეზე, მდინარე ტიპების განაწილებაც განსხვავებულია. ჰიფსომეტრულად ქვევით (მადნეულის კარიერი, ხრამის მასივი) ოქრო-სპილენძ-პორფირული მინერალიზაციის ნიშნებია [3, 8], ხოლო ზევით ოქრო-სპილენძ-პოლიმეტალური, ოქრო-პოლიმეტალური, ოქრო უსულფიდო, ბარიტ-პოლიმეტალური, ბარიტული, მარგანეცის და ვერცხლისწყლის მადნების ადმავალი რიგია. მოცემული ზონალობა სხვადასხვა უბანზე სხვადასხვა ინტენსიობითაა გამოვლენილი. ზოგან ადგილი აქვს აღნიშნული ზონების ურთიერთ გადაფარვას; ზოგან შეიძლება რომელიმე ზონა გამოტოვებული იყოს, ან იგი მდინარის მხოლოდ ერთი მინერალური ტიპით

იყოს წარმოდგენილი [3]; შეინიშნება აგრეთვე მადნების კლასიკური ზონალობის საწინააღმდეგო უკუ ზონალობა, კერძოდ: მუშევანი 2-ის ოქრო-სპილენძის საბადოზე გაკვარცხულ, ბარიტიზირებულ ტუფებში შეინიშნება ქალკობირიტის ჩანაწინწკლები, მალაქიტთან, აზურიტთან, ბორნიტთან ერთად. აქ სპილენძის გვიანი გენერაციის მინერალიზაცია მალაქიტის სახით ფიქსირდება აგრეთვე სხვადასხვა ორიენტაციის ბარიტის ფირფიტებს შორის და კვარც-ბარიტული მარღვაკებით შევსებული ნაპრალების ზალბანდების ცენტრალურ უბნებში. ბარიტის მინერალიზაცია მისი მცირე ფირფიტისებრი დაგროვებების სახით, ფიქსირდება დავით-გარეჯის ბარიტ-ოქრო-სულფიდურ და მუშევანის ოქრო-მცირესულფიდურ ობიექტებზე ჭაბურღილებში, შესაბამისად 199-200 და 307.8მ-ზეც.

დარბაზის, ვაზისხევის გამოვლინებებზე ზედა მადნიან დონეზე განვითარებულია ვერცხლისწყლის მინერალიზაცია [9]. ოქრო-სულფიდური მადნების ზედა დონეზე, ეროზიისგან შემორჩენილ ადგილებზე, გვხვდება რკინის და მარგანეცის ენდოგენური მინერალიზაცია მათი ჟანგეულების, აგრეთვე ფორმირებული რკინა-მარგანეციანი “ქუდების” სახით (საჯას რკინის, რატევანის მარგანეცის გამოვლინება).

Au, Cu, Pb, Zn-ის შემცველობების ურთიერთგანაწილება, მათი კორელაციური ანალიზი მიუთითებს, რომ ოქროს გამადნება ნაკლებადაა დაკავშირებული სულფიდებთან და იგი აღნიშნულ კომპონენტებთან ერთად, მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია მეტსომატურად შეცვლილ ქანებზე ზედდებული გენერაციის კვარცის მინერალიზაციით.

მადნიანი რაიონის სუბეულკანურ სხეულებთან მიმართებაში მოვიყვანო რამდენიმე ფაქტს:

-მუშევანი 3-ის გამოვლინებაზე აღინიშნა ოქროს და სულფიდების შემცველობა ანდეზიტურ დაიკურ სხეულში;

-აღმოსავლეთ ელიას უბანზე ანდეზიტურ სხეულებში დაიკვირვება სპილენძის მინერალიზაცია მალაქიტის სახით;

-სოფელ რაჭისუბნის ჩრდილოეთით, ბრეჭირებულ რიოდაციტებში დაფიქსირდა კვარც-ბარიტული მინერალიზაცია, მცირე სიმძლავრის მარღვაკის სახით;

-აღმოსავლეთ ქვემო ბოლნისის ობიექტზე რიოდაციტში არსებული ნაპრალის გასწვრივ აღინიშნება მალაქიტის მინერალიზაცია;

-სოფელ ქვემო ბოლნისის სამხრეთით, მდინარე ფოლადაურის მარჯვენა ფერდზე რიოდაციტებში ადგილი აქვს ჰემატიტის მარღვაკულ-ჩაწინწკლ გამადნებას.

გვიან მადნიან და მადნისშემდგომ პროცესში, ჰიდროთერმულიტებთან ერთად ზედა ჰორიზონტებში ადგილი აქვს ზედაპირული წყლების ცირკულაციას; შედეგად, ჩამოყალიბდა 40-60, ზოგჯერ 80-100 მ-მდე სიმძლავრის ჟანგვის ზონები. მუშევანი 3-ზე და დავით-გარეჯის ობიექტებზე ჭაბურღილებში ნაპრალების გასწვრივ შეინიშნება გამოჟანგული უბნები შესაბამისად 200 და 171-182მ სიღრმეზე. ჟანგვის ზონები წარმოდგენილია უპირატესად რკინის ჰიდროჟანგებით, ზოგან სულფიდების მეორადი მინერალებით.

მადნისშემდგომი პროცესი წარმოდგენილია გვიანი კარბონატიზაციით.

მინერაგენეზის დამასრულებელ სტადიაზე, თავს იჩენს გამოფიტვის ნიშნები. შედეგად, ჰიდროთერმულიტებში შეინიშნება გათიხება უსწორმასწორო უბნების, ქანების ზედაპირებზე მცირე სიმძლავრის თეთრი აპკების და სხვათა სახით.

ამგვარად, ყოველივე ზემოთ აღნიშნული უნდა მიუთითებდეს მასზე, რომ ოქროს გამოყოფა ნარჩენი ფლუიდებიდან მიმდინარეობდა პულსაციურად, სისტემის შემადგენელი კომპონენტების კონცენტრაციის, წნევის, ტემპერატურის და ხსნარების ქიმიური შედგენილობის მჟავიდან (PH<5) – ტუტესკენ (PH=8) ევოლუციის ფონზე, საბადოების ფორმირების ხანგრძლივი, მაგრამ ერთიანი პროცესის გვიანი ეტაპის მიწიშემ ორ სტადიაზე. პირველ სტადიაზე გამოიყოფოდა საშუალოტემპერატურული ოქრო - სულფიდებთან ასოციაციაში, ხოლო ბოლო სტადიაზე - დაბალტემპერატურული, რაზეც სხვა ფაქტორებთან ერთად მიუთითებს ოქროს მინერალიზაცია ისეთი მინერალების ასოციაციაში როგორცაა ქალცედონი, ოპალი და სხვა [8, 10].

მოცემული სტრუქტურულ-ნივთიერი ზონალობის გათვალისწინებით ბექთაქარის, დავით-გარეჯის, მუშევანის, ბნელიხევის, შიხილო-სამღერეთის, კაკლიანის, დარბაზის და კიანეთის ობიექტები პერსპექტიული უნდა იყოს სიღრმეში ოქრო-სპილენძიანი მადნების გასხნის თვალსაზრისით.

## ლიტერატურა

1. Гогишвили В. Г., Гогишвили Т. Ш., Зулиашвили Т. Г., Сухишвили А. И., Чохонелидзе М. И., Мусеридзе Н. К. Петрология кислых пород верхнемеловой вулканогенной толщи Южной Грузии и некоторые вопросы блоковой тектоники. В кн.: Проблемы геологии и металлогении Кавказа. „Мецნიერება“, Тбилиси, 1976. с. 76-90.
2. Буадзе В.И. и др. Болнисская рудоносная система: инфраструктура и интерпретации рудообразования. Сборник трудов КИМС, Тбилиси, 2009. с. 38-47.
3. Gugushvili V., Kutelia Z. Porphyry gold-copper system of the Bolnisi mining district and analysis of two types

of gold mineralization. International Workshop “Gold and Base Metal Deposits of the Mediterranean and the South Caucasus – Challenges and Opportunités”, November 11-15, Georgia, Tbilisi, 2012. p.15.

4. მ. გაგნიძე, ა. კვიციანი. ბექთაქარის ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს გეოლოგიის ზოგიერთი ასპექტები. სამთო ჟურნალი, №1 (36), თბილისი, 2016. გვ. 42-47.
5. მ. გაგნიძე, დ. ჭეიშვილი. ახალი მონაცემები მუშევანი 2-ის (საქართველო) ოქრო-სპილენძის საბადოს გეოლოგიის შესახებ. საქართველოს მინერალოგიური საზოგადოება, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კონფერენციის თეზისები (ინგლისურ ენაზე). თბილისი, 2018.
6. Зулиашвили Т.Г. Геологические особенности

строения и условия формирования золото-барит-полиметаллических месторождений Давид-Гареджи и Абульмульк (Болнисский рудный район, Южная Грузия). Канд. дисс. Тбилиси, 1983. 260 с.

7. Гогишвили В.Г. Гидротермально измененные породы Северо-Западной части Сомхитско-Карабахской зоны (Малый Кавказ). Диссертация на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. КИМС, Тбилиси, 1969. 350 с.

8. Аревадзе Д.В. Физико-химические условия формирования и источники рудо-образующих растворов Маднеульского медноколчеданно-

барит-полиметаллического месторождения. ТГУ, КИМС, Тбилиси, 2016. 127 с.

9. Квициანი А.А. Закономерности размещения и вещественный состав ртутных и золотосодержащих ртутных месторождений, и рудопроявлений Сванетского и Болнисского рудных районов (Грузия). Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. КИМС, Тбилиси, 1982. 25 с.

10. M. Gagnidze, A. Kvitsiani, D. Cheishvili. Struktural-Substance Zoning In Bolnisi Ore-Bearing Region. Mineralogikal Society of Georgia, Georgian Technical University, Tbilisi, 2019. pp.30-33.

**ГАГნიძე მ. რ., კვიციანი ა. ა.  
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ  
БОЛНИССКОГО РУДНОГО РАЙОНА**

**АННОТАЦИЯ.** В работе рассмотрены некоторые вопросы геологии Болнисского рудного района, в том числе общие признаки и особенности структурных единиц, метасоматических образований, оруденения, их зональность, перспективы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** рудный район; структура; гидротермалиты; зональность.

**GAGNIDZE M., KVITSIANI A.  
GENERAL ISSUES OF BOLNISI ORE DISTRICT  
GEOLOGY**

**ANNOTATION.** The work examines some of the issues of the geology of the Bolnisi ore region, including structural units, metasomatic formations, general features and characteristics of ore mineralization, zoning and prospects.

**KEY WORDS:** ore region; structure; hydrothermal rocks; zonation.

**უპკ 60-7**

**აკად. დოქტორი ზ. მაღაშინა, აკად. დოქტორი მ. კანდელაკი, დოქტორანტი ნ. ლომიძე, აკად. დოქტორი ლ. ქართველიშვილი**  
**მანგანუმის მინერალოგიის ნარჩენების ბიოტრანსფორმაცია მათი სასუქებაში მიკრობიოლოგიური გზებით**

**ანოტაცია.** ნაშრომში განხილულია მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების მიკრო-ბიოლოგიური გარდაქმნის შესაძლებლობები მცენარეთა მკვებავ სასუქებში მათი ჩართვის მიზნით. კვლევები განხორციელდა ჭიათურის გამაზღვრებელი ფაბრიკის ნარჩენებზე, შლაშებზე.

გამოყოფილი იქნა მანგანუმის აღმდგენელი მიკრობიოცენოზის წარმომადგენელი *Pseudomonas* და *Aeromonas*-ის შტამები. შესწავლილი იქნა მათი მანგანუმის რედუქციების უნარი და ამ პროცესებზე მოქმედი პირობები. მანგანუმის ინტენსივობა, აღდგენის მაჩვენებლები, დადგენილი იქნა, რომ აღდგენის პროცესზე მნიშვნელოვნად მოქმედებს მყარის და თხევადის თანაფარდობა, ორგანული კვების წყარო, პროცესის ხანგრძლივობა და მიკროორგანიზმების ადაპტაციის უნარი ლითონის მაღალ კონცენტრაციებთან.

გამოტუტვის მაქსიმალური დონე მიიღწევა 12 დღე-ღამის პერიოდში. მყარის და თხევადის ოპტიმალური შეფარდება 1:20, გამოტუტვის მიღწეული დონე 95%.

**საკვანძო სიტყვები:** მანგანუმი; მრეწველობა; ბიოტრანსფორმაცია; სასუქი; რედუქცირება; მიკროორგანიზმი; გამოტუტვა; მყარი; თხევადი.

მცენარეთა ზრდა-განვითარების პროცესში მნიშვნელოვანი როლი მიენიჭა მიკრობიოლოგიურ გზებს.

მიკრობიოლოგიური გზებით მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების მინერალოგიის შესწავლა მნიშვნელოვანია მათი მონაწილეობა ფერმენტაციულ პროცესებში, რაც განაპირობებს მცენარეებში მიმდინარე ისეთი ბიოქიმიური რეაქციების სწორად განვითარებას როგორცაა ნივთიერებათა სინთეზი და დაშლა, სუნთქვითი პროცესები, ფოტოსინთეზი და სხვა. ცნობილი მიკრობიოლოგიური მეთოდებით გამოკვლეული იქნა მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციის უნარი. გამოკვლეული იქნა მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციის უნარი მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციის უნარი. გამოკვლეული იქნა მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციის უნარი. გამოკვლეული იქნა მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციის უნარი.

სასუქებში მანგანუმის მიკრობიოლოგიური გზებით ჩართვის საკითხის უზრუნველსაყოფად მიზანშეწონილია მანგანუმის მრეწველობის სხვადასხვა ფორმაციის ნარჩენების გამოყენება. აღნიშნული ნარჩენების სრულყოფილად გამოყენებისათვის საჭიროა მათი გარდაქმნა მცენარეებისათვის ათვისებად ფორმებად, ამ მიმართულებით გამოყენებული იქნა მიკრობიოლოგიური პროცესები.

მანგანუმის ბაქტერიული გამოტუტვის მექანიზმი

ბოლომდე არ არის შესწავლილი. არსებობს ვარაუდი, რომ მანგანუმის ბაქტერიალური გამოტუტვა მიმდინარეობს ორი გზით:

1. მანგანუმის დაჟანგული ფორმების აღდგენით არეში ქვეჟანგულ ფორმებად;
2. აღდგენით არეში ორგანული მჟავების წარმოქმნით, რომელიც მანგანუმი გადაჰყავთ ხსნარში.

პროცესის შესწავლის მიზნით ჩატარებული იქნა კვლევები, რომლის მიზანი იყო მანგანუმის აღმდგენელი მიკროორგანიზმების გამოყოფა, შესწავლა და იმ პროცესების დადგენა, რომლებიც ზემოქმედებენ მათ რედუქციების უნარზე.

მანგანუმის აღმდგენელი მიკროორგანიზმების გამოყოფა მოხდა ჭიათურის მანგანუმის საბადოებიდან აღებული მადნების, მალაროს წყლების და შლამების ნიმუშებიდან. შესწავლილი იქნა ნიმუშების ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრები. კერძოდ;

$pH=6.1-8.5$ ,  $Eh=305-559$ ,  $rH_2=2.5-35.9$ ,  $Mn=12.2-13.6\%$ ,  $F_2O_3=27-6.5\%$ .

გამოყოფილი იქნა მიკროორგანიზმების სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფის შტამი.

შლამების გადარჩევისას გათვალისწინებული იყო შლამებიდან მანგანუმის ხსნარში გადასვლის ხარისხი და მანგანუმის დაშლის ზონის სიდიდე მყარ საკვებ არეზე. ცდებისათვის აღებული იქნა ცენტრალური გამამდიდრებელი ფაბრიკის დაჟანგული შლამი ( $Mn-14\%$ ), რომელიც დაიფუჭა 0.5 მმ დისპერსიულობამდე. აღნიშნული ნიმუში 1 გრ-ის ოდენობით თავსდებოდა 100 მილილიტრიან კონუსურ კოლბაში და ემატებოდა ბრომფილდის თხევადი საკვები არე (40 მლ) და 24 საათიანი საკვები კულტურების ჩამონარეცხი. კოლბები თავსდებოდა თერმოსტატში 28 °C ტემპერატურაზე სტაციონალურ პირობებში. 21 დღე-ღამის შემდეგ პულპა იფილტრებოდა და ხსნარში ისაზღვრებოდა მანგანუმის შემცველობა, Ph და Eh.

მანგანუმის დაშლის ინტენსივობის განსაზღვრისათვის ცდები ტარდებოდა პეტრი ჯამებზე აგარიზებულ საკვებ არეზე №5 რომელიც შეიცავდა 0.063-0.071 მმ ფრაქციის შლამებს. მანგანუმის დაშლის ხარისხის შეფასება ხდებოდა დაშლის ზონის სიდიდის მიხედვით შტრიხის მეთოდით.

ცდის შედეგების შეფასებისას მანგანუმის დაშლის ზონის მაქსიმალური სიდიდეები (6-10 მმ) მიღებული იქნა იმ მიკროორგანიზმების ცხოველსმყოფელობის შედეგად, რომლებმაც ზოგჯერ მანგანუმის აღდგენის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი (4.7-16.2 %) აჩვენა. ცდის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ მიკროორგანიზმებს გააჩნიათ უნარი დაჟანგული მინერალებიდან ოთხ ვალენტიანი მანგანუმი აღადგინონ და ის ორვალენტიანი იონების სახით გადაიყვანონ ხსნარში. მოხდა აქტიური შტამების იდენტიფიკაცია რის საფუძველზე დადგენილი იქნა, რომ ისინი განეკუთვნებიან Pseudomonas-ის და aeromonas-ის გვარს. მიკროორგანიზმების მიერ მანგანუმის დაჟანგული ფორმების აღდგენის პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს ისეთი ფაქტორები, როგორცაა მყარის და თხევადის თანაფარდობა, ორგანული კვების წყარო, კერძოდ აზოტისა და ნახშირბადის თანაფარდობა პროცესის ხანგრძლივობა, მიკროორგანიზმების ადაპტირება მანგანუმის მაღალ კონცენტრაციასთან და სხვა.

სტაციონალურ პირობებში ჩატარებული კვლევების გარდა ჩატარებული იქნა ცდები დინამიურ პირობებში, კერძოდ გამოყენებული იქნა მუდმივი მორევის პროცესი. ცნობილია, რომ ლითონთა აღდგენის პროცესი მორევის პირობებში მნიშვნელოვნად იზრდება. ამიტომ მანგანუმის აღდგენის მიკრობიოლოგიური პროცესების შესწავლა გაგრძელდა როფული ტექნოლოგიით. 200 სმ<sup>3</sup> მოცულობის როფში თავსდებოდა 0.15 მმ დაფქვილი 25 გრ მამდიდრებელი ფაბრიკის შლამი მანგანუმის შემცველობით 12.2 %, რომელსაც ესხმებოდა 1000 მლ საკვებ ხსნარს №5. ასევე პულპას ემატებოდა 24 საათიანი ინკუბაციის ბაქტერიული შტამების ჩამონარეცხი. ცდის მსვლელობისას ყოველდღიურად კონტროლდებოდა გლუკოზის და pH-ის დონეები. ვინაიდან მიკროორგანიზმები ჟანგავენ გლუკოზას, კულტურულ ხსნარებში მათი ოდენობა (კონცენტრაცია) მცირდება, ამის გამო ხდებოდა მისი ყოველდღიური დაყვანა 1 %-ის დონემდე. საკონტროლო ცდა ტარდებოდა იგივე პირობებში ინოკულანტის გარეშე.

აღსანიშნავია, რომ მანგანუმის აღდგენის პროცესის საწყის ეტაპზე მიკროორგანიზმები იმყოფებიან ლატენტურ მდგომარეობაში, რომლის დროს ხდება კულტურის შეგუება გამოსატუტ არესთან. ამ პერიოდში თუმცა კი ხდება გლუკოზის დაჟანგვა, კულტურული ხსნარის pH მცირდება უმნიშვნელოდ ( $pH=6.5-6.0$ ). შემდგომში ბაქტერიების არესთან შეგუების შემდეგ ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობის ზრდის გამო არის pH განაგრძობს შემცირებას ( $pH=5.5-5.0$ ) და შემდეგ ინარჩუნებს (5.0-4.5) გარკვეულ მაჩვენებელს.

კვლევის შედეგების ანალიზი უჩვენებს, რომ ყველა საკვლევ შტამს აქვს უნარი აღადგინოს მანგანუმი.

ყველაზე აქტიური აღმოჩნდა შლამი aeromonas sp.-125. მანგანუმის ამოღებამ შეადგინა -75 %, საკონტროლო ცდაში ხსნარში გადასული მანგანუმის რაოდენობა არ აღემატებოდა 17 %. ლითონის გამოტუტვის ბაქტერიული მეთოდის შემუშავებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნედლეულიდან სასარგებლო კომპონენტის მაქსიმალურ გამოტუტვას. ამ მიზნით ჩატარებული იქნა ცდები გამოტუტვის გახანგრძლივებული პერიოდებით ლითონის სრულ გამოტუტვამდე. პირობები იგივე იყო: გამამდიდრებელი ფაბრიკის შლამი ფრაქციით 0.15 მმ, ნიმუშის წონა 50 გრ, საკვები არე №5-1000 მლ, ბაქტერიალური კულტურის 24 საათიანი ინკუბირებული შტამის ჩამონარეცხი. საკონტროლო ცდა ტარდებოდა იგივე პირობებში ინოკულანტის გამოყენების გარეშე. ხსნარში გადასული მანგანუმის რაოდენობის განსაზღვრა ხდებოდა 3 დღეში ერთხელ.

ცდის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ გამოტუტვის პროცესის გახანგრძლივებით იზრდება ხსნარში გადასული მანგანუმის რაოდენობა. ცდის ბოლოს გამოტუტვის შედეგად ხსნარში გადასული მანგანუმის რაოდენობამ 87-95 %-ს მიაღწია.

ცდის მსვლელობისას ბაქტერიალური გამოტუტვის ინდიკატორია pH-ის ცვლილება. კვლევებმა აჩვენა, რომ ბაქტერიების ცხოველქმედების შედეგად ადგილი აქვს pH-ის შემცირებას და ეს შესაძრწევია დაახლოებით მე-3 დღიდან და ემთხვევა მანგანუმის გახსნის დასაწყისს და ეს მაჩვენებელი 1-8 %-ის ფარგლებშია, მე-6 დღეს პროცესი ჩქარდება და pH-ის შემცირებასთან ერთად იზრდე-

ბა ხსნარში გადასული მანგანუმის რაოდენობა. პროცესი მთავრდება 20 დღეში. მნიშვნელოვანი პარამეტრია მყარი და თხევადი ფაზების შეფარდება. პულპის განზავების ხარისხის ზრდასთან ერთად იზრდება გამოყენებული რეაგენტების რაოდენობაც, რომელიც თანაფარდობაშია გადასამუშავებელი ნედლეულის წონასთან. აღნიშნული პარამეტრი ერთ-ერთი ფაქტორია იმათგან, რომელნიც განაპირობებენ ლითონების ბაქტერიალური გამოტუტვის პროცესის სიჩქარეს.

მყარი და თხევადი ფაზების თანაფარდობის გავლენის შესაფასებლად ჩატარებული იქნა კვლევები სხვადასხვა პირობებისათვის, კერძოდ: 1:4; 1:10; 1:20 და 1:40. შედეგების

შეფასება ხდებოდა გამოტუტვის პროცესის დაწყების მომენტის შეფასებით და გამოტუტვის რაოდენობრივი მაჩვენებლებით. შედეგები მოცემულია ცხრილში. შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მყარის მაღალი კონცენტრაცია პულპაში შემაფერხებელი ფაქტორია. კერძოდ 25 %-იანი კონცენტრაციისას გამოსატუტი ხსნარის pH-ის შემცირება და შესაბამისად ლითონების გადასვლა ხსნარში დაიწყო მე-9 დღეს, 10 %-იანი კონცენტრაციისას. მე-8 დღეს 2.5-5 %-იანი კონცენტრაციისას მე-2-4 დღეს. ამასთან მანგანუმის გამოტუტვის დონემ შეადგინა შესაბამისად 33 %, 82 და 90 %.

ცხრილი 1

მად- ნის რაო- ლე- ნობა, გრ	მანგანუმის შემცველობა საწყის მადანში		მე:თხ	საწყისი ხსნარის მახასიათებლები			საბოლოო ხსნარის მახასიათებლები			მანგანუმი ხსნარ-ში დღე-ღამის შემდეგ გრ/ლ	მანგანუმი ხსნარ-ში ბოლოს გრ/ლ	მანგანუმი მყარ ნაწილში %	მანგანუმის გამოტუტვა %
	%	გრ		pH	Eh mv	rH <sub>2</sub>	pH	Eh mv	rH <sub>2</sub>				
250.0	12.2	30.5	1:4	7.35	429	28.7	5.0	344	21.0	6.9	9.7	9.08	33.0
100.0	12.2	12.2	1:10	7.35	429	28.7	4.9	385	22.6	7.2	9.92	2.72	82.0

მანგანუმის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით გამოყენებული მიკროორგანიზმები ადაპტირებული იქნა მანგანუმის მაღალ კონცენტრაციასთან. რისთვისაც წარმოებდა თანმიმდევრობითი პასირებები მყარ საკვებ არეზე, რომლებიც შეიცავდნენ მანგანუმის მზარდ კონცენტრაციას.

ადაპტირების პროცესები ხორციელდება პეტრის ჯამბში. გამოყენებული იქნა საკვები არე №5. რომელსაც ემატებოდა შლამის 0.063-0.07 მმ ფრაქციის შესაბამისი რაოდენობა. კულტურის გადათესვა ხდებოდა შტრიხების მეთოდით. თითოეული პასაჟის ხანგრძლივობა შეადგენდა 2 დღე-ღამეს.

Aeromonas sp. შტამი 125, 60-70 გრ/ლ. შლამის კონცენტრაციისას დაშლის ზონებს იძლეოდა მე-4-5 პასაჟისას. ადაპტირებული კულტურების მანგანუმის გამოტუტვის უნარის ინტენსიურობის საბოლოო შეფასება ხდებოდა ცდების მეშვეობით. ცდები ტარდებოდა როგორც იგივე წარმომადგენლობის შლამებზე, 50გრ-იან

წონაკებზე, რომელსაც ემატება №5 საკვები არე, მყარისა და თხევადის შეფარდება 1:20. ინოკულაცია 24 საათიანი ადაპტირებული კულტურით.

შედეგების ანალიზმა უჩვენა, რომ ადაპტირებული კულტურის გამოყენების შემთხვევაში საკვები ხსნარი pH შემცირებას იწყებდა უკვე მე-2-3 დღეს (pH 6.0-5.0) მე-5 დღეს ხდებოდა არის შემჟავება (pH-4.5), რის გამოც იზრდებოდა შლამიდან მანგანუმის გამოტუტვის ინტენსივობა, ხოლო საბოლოოდ გამოტუტვის პროცესის ხანგრძლივობა მცირდება 20-დან 12 დღე-ღამემდე. მანგანუმის გამოტუტვა – 92 - 95 %.

მიკროორგანიზმების უნარი გამოიტუტოს მანგანუმი და გადაიყვანოს ის ხსნარში, შეიძლება გამოყენებული იქნას მანგანუმის ნარჩენების გამოსაყენებლად მცენარეთა მკვებავი სასუქების მთელი რიგ სახეობებში ჩასართავად როგორც მიკროელემენტი.

**ლიტერატურა**

- ლ. ქართველიშვილი, ჯ. კაკულია, შ. მალაშხია, ნ. ლომიძე, მ.კანდელაკი, ლ. ჩოჩია, ნ. ჩხობაძე. ბიოტექნოლოგიის გამოყენების შესაძლებლობები კალიუმის შემცველი არამადნეული ნედლეულიდან კალიუმის ნაერთების მისაღებად. სამთო ჟურნალი №2(35), თბილისი, 2015. გვ. 68-72.
- შ. მალაშხია. აგრომინერალური რესურსების ბაზაზე წარმოებული ორგანო-მინერალური და

- ბიოორგანომინერალური სასუქები, როგორც გეოეკოლოგიური უსაფრთხოების ფაქტორი. სამთო ჟურნალი №2(39), თბილისი, 2017. გვ. 76-79.
- Каравайко Г. И., Кузнецов С.И., Голомзик А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. Изд. Наука, Москва, 1972. 248 с.

**MALASHKHIA SH., KANDELAKI M.,  
LOMIDZE N., KARTVELISHVILI L.  
BIO-TRANSFORMATION OF WASTE  
FROM THE MANGANESE INDUSTRY INTO  
MICROELEMENTS  
IN THEIR FERTILIZERS**

**МАЛАШХИЯ Ш.С., КАНДЕЛАКИ М. Ш.,  
ЛОМИДЗЕ Н.Н., КАРТВЕЛИШВИЛИ Л.Г.  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ  
ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАНЦА  
С ЦЕЛЬЮ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ КАК  
МИКРОЭЛЕМЕНТА В УДОБРЕНИЯХ**

**ABSTRACT:** The paper discusses the potential of micro-biological conversion of manganese products to their incorporation into nutrient fertilizers. Studies have been carried out on the remains of the Chiatura Enrichment Plant, the slums.

*Pseudomonas* and *Aeromonas* strains representing manganese-producing microbiota were separated. Their manganese intensities, recovery rates were studied, and the recovery process was found to be significantly influenced by the solid-liquid ratio, organic food source, process duration, and ability to adapt microorganisms to high metal concentrations.

Maximum level of leakage is achieved within 12 days. Optimal ratio of solid and liquid is 1:20, leakage is 95 %.

**KEYWORDS:** manganese; industry; biotransformation; fertilizer; reduction; microorganism; leaching; solid; liquid.

**АННОТАЦИЯ.** В работе рассмотрены результаты исследования возможности микробиологического преобразования отходов производства марганца с целью их использования как микроэлементной добавки в удобрения различной формации. В исследованиях использованы отходы центральной обогатительной фабрики в Чиатуре.

Выделены марганцы выщелачивающие микроорганизмы рода “*Pseudomonas* u *Aeromonas*”. Изучены их способности редуцирования марганца, условия влияющие на процессы интенсивности восстановления марганца. Установлено, что на процесс восстановления значительно влияют такие факторы как отношение твердого к жидкому (Т:Ж), источник органического питания, длительность процесса и способность микроорганизмов к адаптации и к высоким концентрациям металла.

Максимальный уровень выщелачивания достигается за 12 суток, при соотношении Т:Ж- 1:20, уровень выщелачивания 92-95%.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** марганец; производство; биотрансформация; редуцирование; микроорганизм; выщелачивание; твердое; жидкое.

**აბაღ. ღოქტორი ა. ზეჰანიშვილი  
კარიერის მემანიჰური მოწყობილოზის უსაფრთხო მქსლუბაციისა  
ღა რემონტის მოთხოვნები**

*ანოტაციღ. ნაშრომში მოცემულიღ კარიერის მექანიკური მოწყობილოზის უსაფრთხო მქსლუბაციისღ და რემონტის ზოგადი ღებულებები. აღწერილიღღ სამთო, სატრანსპორტო და სამშენებლო-სავზო მანქანების (საბურღი და ზეგები, მქსკავატორები, ბუღლოზერები, სატრანსპორტო-სანაყრო ზიღები და კონსოლური ნაყრწარმოქმნელები, საკონვეიერო ტრანსპორტი, ქვასაჭრელი მანქანები) კარიერზე განლაგების, გადაადღილებისღ და მოშობასთან დაკავშირებული საკითხები, აგრეთვე მოწყობილოზის ავტომატიკისღ და ზანდარსწინაღო დაცვის საშუალებები. განხილულიღ კარიერზე სარკინივზო ტვირთების, ვაგონების დატვირთვის და სავტომობილო ვზის მოწყობის, სავტომობილო ტრანსპორტზე ტვირთის დატვირთვა-განტვირთვის საკითხები.*

*საკმანდო სიტქმები: საბურღი და ზეგა; სატრანსპორტო-სანაყრო ზიღი; ქვასაჭრელი მანქანა; ჯაჭვიანი მრავალჩამიანი მქსკავატორი; სავტომობილო ვზა; ტვირთის დატვირთვა-განტვირთვა; კარიერის მექანიკური მოწყობილოზა; ზანდარსწინაღო დაცვის საშუალებები.*

სასარგებლო წიღისეულის საბაღობის ღია წესით დამუშავებისას ძირითაღად გამოიყენება შემღევი სამთო, სატრანსპორტო და სამშენებლო-სავზო მანქანები: საბურღი და ზეგები, მქსკავატორები, ბუღლოზერები, სატრანსპორტო-სანაყრო ზიღები და კონსოლური ნაყრწარმოქმნელები, რკინივზის, სავტომობილო და საკონვეიერო ტრანსპორტი, საშენი და მოსაპირკეთებელი ქვების კარიერებზე მოსაპოვებელი საშუალებები, აგრეთვე ქვასაჭრელი მანქანები.

კარიერების მექანიკური მოწყობილოზა აღჭურვილი უნდა იყოს სასიგნალო მოწყობილოზებით, მოხრუჭებით, მისაწვღომი მოძრავი ნაწიღების (ქუროების, გადაცემების, შკივების და სხვა) და სამუშო ბაქების შემოღობვებით, ზანდარსწინაღო საშუალებებით, უნდა ჰქონღეს განათება, აუცილებელი ინსტრუმენტების კომპლექტი და საზომ-საკონტროლო აპარატურა, აგრეთვე, დაცვა გადამეტაწვივისაგან [1, 2].

მანქანების წესივრულოზა უნდა შემოწმღეს მემანქანის მიერ ყოველ ცვღაში, უზნის მექანიკოსის მიერ-ყოველ კვირღაში და კარიერის მთავარი მექანიკოსის (მისი მოადღიღის) ან სხვა დანიშნული პირის მიერ-ყოველ

თვეში.

მანქანების ტრანსპორტირება ტრაქტორებით და ბულდოზერებით დასაშვებია მხოლოდ ხისტი ჩაბმის გამოყენებით და უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად სპეციალურად დამუშავებული ღონისძიებების დაცვით.

მანქანების და მექანიზმების შეხეთვა სვლის დროს დასაშვებია მხოლოდ სპეციალური მოწყობილობით.

საბოხი და საწმენდი მასალები სამთო და სატრანსპორტო მანქანებზე უნდა ინახებოდეს ლითონის დახურულ ყუთებში. სამთო მანქანებსა და ლოკომოტივებზე ბენზინისა და სხვა ადვილად ალბადი ნივთიერებების შენახვა დაუშვებელია.

ელექტროენერჯის მიწოდების მოულოდნელი შეწყვეტისას მექანიზმების მომსახურე პერსონალი ვალდებულია დაუყოვნებლივ გადაიყვანოს ძრავების ასამუშევრებელი მოწყობილობა და მართვის ბერკეტები მდგომარეობაში „დადექ“.

ყველა სახის რემონტთან დაკავშირებით სამუშაოების წესისა და თანამიმდევრობის დასადგენად უნდა დამუშავდეს ინსტრუქციები (ტექნოლოგიური რუკები და სხვა).

აკრძალულია სარემონტო-სამონტაჟო სამუშაოების წარმოება მექანიკური დანადგარების ღია მოძრავი ნაწილების უშუალო სიახლოვეს, აგრეთვე, ძაბვის ქვეშ მყოფი ელექტრული სადენებისა და მოწყობილობის მახლობლად, თუ ეს მოძრავი ნაწილები, სადენები და მოწყობილობა სათანადოდ არაა შემოღობილი. პირებს, რომლებიც დაიშვებიან ელექტრომოწყობილობის რემონტზე, უნდა ჰქონდეთ საკვალიფიკაციო ჯგუფი ელექტროუსაფრთხოებაში მომხმარებელთა ელექტროდანადგარების ექსპლუატაციისას უსაფრთხოების ტექნიკის წესების შესაბამისად.

მექანიზმების ნაწილების რემონტი და შეცვლა დასაშვებია მხოლოდ მანქანის სრული გაჩერებისა და იმ ამამუშავებელი აპარატების ბლოკირების შემდეგ, რომლებსაც მოძრაობაში მოჰყავთ ეს მექანიზმები. თუ სარემონტო სამუშაოებისათვის აუცილებელია ელექტროენერჯის მიწოდება, დამუშავებული უნდა იქნეს სამუშაოთა ორგანიზაციის სპეციალური პროექტი.

ცეცხლოვანი სამუშაოები (აირსაშემდუღებლო, აირსაჭრელი და ელექტროსაშემდუღებლო) უნდა წარმოებდეს საშემდუღებლო და სხვა ცეცხლოვანი სამუშაოების წარმოებისას სახანძრო უსაფრთხოების წესების შესაბამისად.

ექსკავატორებისა და საბურღი დაზვების რემონტი დასაშვებია საფეხურის სამუშაო ბაქანზე, ამასთან, ეს მექანიზმები განლაგებული უნდა იყოს შესაძლო ჩამოქცევის ზონის იქით. ბაქანი უნდა იყოს მოსწორებული და ჰქონდეს მანქანების მისასვლელი გზა.

საბურღი დაზვა უნდა დაიდგას საფეხურის მოსწორებულ ბაქანზე და განლაგდეს ისე, რომ დაზვის სავალი ნაწილი, სულ მცირე, 3 მ-ით მაინც იყოს დაცილებული საფეხურის კიდედან. ცალკეულ შემთხვევებში, საბურღი დაზვის კონსტრუქციის გათვალისწინებით, დასაშვებია სავალი ნაწილის განლაგება უფრო ახლოს, ჩამოქცევის პრიზმის საზღვრებში. აკრძალულია საბურღი დაზვის დომკრატების ქვეშ მდნისა და ქანის ნატეხების ამოღება. აწეული ანძით საბურღი დაზვის

გადაადგილება საფეხურზე დასაშვებია მხოლოდ მოსწორებულ ჰორიზონტალურ ბაქანზე. დაზვის გადაადგილებისას ელექტროგადაცემის ხაზების ქვეშ ანდა უნდა იყოს დაშვებული, საბურღი ინსტრუმენტი—მოხსნილი ან საიმედოდ დამაგრებული.

საბურღი დაზვის ამწევი ბაგირი გაანგარიშებული უნდა იყოს მაქსიმალურ დატვირთვაზე და ჰქონდეს სიმტკიცის ხუთმაგი მარაგი.

ამწევი ბაგირის მავთულების გამოშვებული ბოლოები უნდა მოიჭრას. თუ ამწევი ბაგირში შეგრების ერთი ბიჯის სიგრძეზე მავთულების 10%-ზე მეტია გაწყვეტილი, ბაგირი უნდა გამოიცვალოს.

ერთხამჩიანი ექსკავატორი უნდა განლაგდეს კარიერის ან ნაყარის საფეხურზე ისეთ მყარ, მოსწორებულ ფუძეზე, რომლის ქანობი არ აღემატება ექსკავატორის ტექნიკური პასპორტით გათვალისწინებულ დასაშვებ ქანობს. ყველა შემთხვევაში მანძილი საფეხურის ნაყარის გვერდს ან სატრანსპორტო ჯურჯელსა და წინაღვრის შორის უნდა იყოს, სულ ცოტა, 1 მ. ექსკავატორის მუშაობისას მისი კაბინა უნდა განლაგდეს სანგრევის საწინააღმდეგო მხარეს. ექსკავატორზე უნდა იყოს სანგრევის პასპორტი, რომელშიც ნაჩვენებია უნდა იყოს სამუშაო ბაქანების დაფერდების კუთხეების დასაშვები ზომები, საფეხურის სიმაღლე და დაშორება სამთო და სატრანსპორტო მოწყობილობიდან საფეხურის ან ნაყარის კიდემდე. ექსკავატორის გადაადგილებისას ჩამჩა უნდა დაიცავდეს და აიწიოს ძირიდან არაუმეტეს 1 მ სიმაღლეზე, ხოლო ისარი დაყენებული უნდა იქნეს ექსკავატორის მოძრაობის მიმართულებით. მაბიჯი ექსკავატორის მოძრაობისას ჩამჩა უნდა დაიცავდეს, ხოლო ისარი დაყენებული უნდა იქნეს ექსკავატორის მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგო მხარეს.

აღმართზე და დაღმართზე ექსკავატორის მოძრაობისას აუცილებელია თვითნებური დასრიალების გამომრიცხავი ღონისძიებების გათვალისწინება. ექსკავატორის გადაადგილება უნდა მოხდეს მემანქანის თანაშემწის სიგნალების მიხედვით. ამასთან, უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ექსკავატორის მემანქანესა და მის თანაშემწეს შორის მუდმივი ხილვადობა. მაბიჯი ექსკავატორისთვის დასაშვებია სიგნალების გადაცემა მემანქანის თანაშემწედან მემანქანესთან ბრიგადის მესამე წევრის მეშვეობით. დაუშვებელია ექსკავატორის მუშაობა საფეხურების შვერილებისა და ქიმების ქვეშ.

ჯაჭვიანი მრავალჩამჩიანი (რკინიგზის, მუხლუხა, თვლიანი), აგრეთვე, მაბიჯი ექსკავატორის ლიანდაგისა და გზის ქანობი და რადიუსი განისაზღვრება ექსკავატორის ტექნიკური პასპორტით. მოწყობილობა, რომელიც აკონტროლებს და აფიქსირებს ლიანდაგის სიგანესა და ქანობს, თვეში ერთხელ მაინც უნდა შემოწმდეს. ამ მოწყობილობის არარსებობისას ან უწესიერობისას ექსკავატორის მუშაობა დაუშვებელია.

დაუშვებელია ექსკავატორქვეშა ლიანდაგის ექსპლუატაცია კარიერის გაწყლოვანებულ საფეხურზე, თუ არ გამოიყენება წყალსარინი მოწყობილობა. ერთხამჩიანი ექსკავატორზე გამოყენებული ბაგირები უნდა შეესაბამებოდეს პასპორტს. გაწყვეტილი მავთულების რაოდენობა შეგრების ბიჯის სიგრძეზე არ უნდა აღემატებოდეს ბაგირში მისი საერთო რაოდენობის 15 %-ს.



გაწვევებილი მავთულების გამოშვებული ბოლოები უნდა მოიჭრას.

ერთნაშინი ექსკავატორით რკინიგზის ვაგონების დატვირთვისა და განტვირთვისას საექსკავატორო სანაყაროზე მატარებლის ბრიგადა უნდა დაემორჩილოს ექსკავატორის მემანქანის სიგნალებს.

ექსკავატორის მუშაობისას აკრძალულია ჩამჩის მოქმედების ზონაში ადამიანების ყოფნა (მათ შორის, მომსახურე პერსონალის). ერთნაშინი ექსკავატორის მუშაობისას საფეხურის ჩამონგრევის ან ჩამომეწყრების საფრთხის შემთხვევაში ან ფეთქებადი მასალების მტყუნებული მუხტის აღმოჩენისას ექსკავატორის მუშაობა უნდა შეწყდეს და ექსკავატორი გაყვანილი უნდა იქნეს უსაფრთხო ადგილას. ექსკავატორის სანგრევიდან გამოსაყვანად ყოველთვის უნდა იყოს თავისუფალი გასასვლელი. ერთნაშინი ექსკავატორის ისეთ გრუნტზე მუშაობისას, რომელიც ვერ უძლებს მუხლუხების წნევას, გათვალისწინებული უნდა იქნეს ექსკავატორის მდგრადი მდგომარეობის უზრუნველყოფი სპეციალური ღონისძიებები.

მრავალნაშინი ექსკავატორის მუშაობის დროს ადამიანები არ უნდა იმყოფებოდნენ დატვირთულ ვაგონებთან და მათ შუა, ჩამტვირთავი და განმტვირთავი ლიუკების, კონვეიერების, გადამტვირთავი მოწყობილობისა და ექსკავატორის სავალი მოწყობილობის ჩარჩოს ქვეშ. მრავალნაშინი ექსკავატორის კაბინა აღჭურვილი უნდა იყოს მოწყობილობით, რომელიც საშუალებას აძლევს მემანქანეს მხედველობის არეში იქონიოს ექსკავატორის მიმდებარე უბანი სანგრევიში. მრავალნაშინი ექსკავატორს უნდა ჰქონდეს სამარჯვები, რომლებიც გამორიცხავენ ჩამჩის ჩარჩოს, როტორის ისრის და კონვეიერის აწევას, დაშვებას ან მობრუნებას მეტი კუთხით, ვიდრე ეს გათვალისწინებულია ექსკავატორის კონსტრუქციით.

სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდებს და კონსოლურ ნაყარწარმოქმნელებს ქარის სიჩქარის და მიმართულების უწყვეტი ავტომატური გაზომვისათვის უნდა ჰქონდეს მოქმედი ხელსაწყოები, რომლებიც ბლოკირებული უნდა იყონ ნაყარწარმოქმნელების ავარიულ სიგნალთან და სავალი მექანიზმების მართვის სისტემებთან, აგრეთვე, საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოები, ბოლო ამომრთველები, სასიგნალო და სალაპარაკო მოწყობილობა. გარდა ავტომატური სამუხრუჭო მოწყობილობისა, ხიდის სავალ ურიკას უნდა ჰქონდეს წესიერული ხელის მუხრუჭი.

გზებთან და გასასვლელებთან ახლოს განლაგებული ყველა წინაღობითი უნდა იყოს შემოღობილი. სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდების და კონსოლური ნაყარწარმოქმნელების ყველა საკონვეიერო ხაზს ორივე მხრიდან უნდა ჰქონდეს შემოღობილი ბაქნები კონვეიერის მომსახურებისათვის. კონვეიერის გასწვრივ გასასვლელის სიგანე უნდა იყოს, სულ ცოტა, 700 მმ.

სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდის კომპლექსის ხანძარსაწინააღმდეგე უნდა შეიცავდეს კონკრეტულ ხანძარსაწინააღმდეგე უნდა შეიცავდეს კონკრეტულ ხანძარსაწინააღმდეგე ღონისძიებებს, აგრეთვე განსაზღვრავდეს ხანძრის ჩაქრობის საშუალებების რაოდენობას და მათი შენახვის ადგილებს.

მაბიჯ და მაბიჯ-ლიანდაგის სვლის კონსოლური ნაყარწარმოქმნელის გადაადგილებისას აკრძალულია

კონსოლის ქვეშ ტრანსპორტის, მანქანის, მექანიზმების და ადამიანების გავლა. სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდის სანაყარო კონსოლის ბოლოსა და ნაყარის ქიმს შორის მანძილი არ უნდა იყოს 3 მ-ზე ნაკლები.

ჭეპი-ქუხილის დროს, ნისლსა და ქარბუქში 25 მ-მდე ხილვადობისას, აგრეთვე, თავსხმა წვიმის, სველი და დიდი თოვლის დროს სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდის გადაადგილება და მუშაობა აკრძალულია.

დაუშვებელია 1 მ-ზე ახლოს სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდის მიახლოება შენობებთან ან სამთო-სატრანსპორტო მოწყობილობასთან, აგრეთვე სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდის მუშაობა მომუშავე სამთო-სატრანსპორტო მოწყობილობის ზემოთ. აკრძალულია ხიდის გზების ექსპლუატაცია კარიერის გაწვლვანებულ საფეხურებზე. ნაყარის ჩამოცურების ნიშნების გამოვლენისას სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდი გამოყვანილი უნდა იქნეს სახიფათო ზონიდან.

სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდების, ნაყარწარმოქმნელებისა და ექსკავატორების კონსტრუქციული ელემენტები, აგრეთვე, მათი ტრაპები და ბაქნები სისტემატიურად უნდა იწმინდებოდეს სამთო მასისა და ტალახისგან (ჭუჭყისაგან).

ბულდოზერის (ტრაქტორის) ექსპლუატაციისას დაუშვებელია მისი უმეტესაწყოდ დატოვება ჩართული ძრავით და აწეული დანით. აკრძალულია ბულდოზერით (ტრაქტორით) მუშაობა ბლოკირების გარეშე, რომელიც გამორიცხავს ძრავას ამუშავებას, თუ გადაცემათა კოლოფი ჩართულია ან ძრავას არა აქვს კაბინიდან ამუშავების მოწყობილობა.

რემონტის, შეზეთვისა და რეგულირების დროს ბულდოზერი უნდა იდგეს ჰორიზონტალურ ბაქანზე, ძრავა უნდა იყოს გამორთული, ხოლო დანა – დაშვებული მიწაზე. დახრილ სიბრტყეზე ბულდოზერის ავარიული გაჩერების შემთხვევაში მიღებული უნდა იქნეს ზომები, რომლებიც გამორიცხავენ ქანობზე მის თვითნებურ მოძრაობას. ბულდოზერის მუშაობისას სანგრევის დაფერების მაქსიმალური კუთხე არ უნდა აღემატებოდეს 25<sup>0</sup>-ს აღმართზე და 30<sup>0</sup>-ს – ქანობზე (ტვირთით დაშვებისას).

კარიერზე რკინიგზის ტრანსპორტის გამოყენებისას ლოკომოტივის (ელმავლის, თბომავლის, ორთქლმავლის) სამართავად დაიშვებიან ის პირები, რომლებმაც გაიარეს სწავლება და ჩააბარეს თეორიული და პრაქტიკული გამოცდები ლოკომოტივის მართვის უფლების მისაღებად.

გადმოტვირთული ან დასატვირთად გამზადებული ტვირთი ლიანდაგის გასწვრივ უნდა განლაგდეს და დამაგრდეს ისეთნაირად, რომ შენობებთან მიახლოების ზომები არ დაირღვეს. 1200 მმ-მდე სიმაღლის ტვირთი (გარდა საგზაო სამუშაოებისთვის გადმოტვირთული ბალასტისა) უნდა იყოს განაპირა რელსის თავის გარე კიდედან, სულ მცირე, 2 მ მანძილზე, ხოლო მეტი სიმაღლისას – არანაკლებ 2,5 მ-ზე.

ვაგონების ცალმხრივი, ზეგაბარტული, აგრეთვე, ტვირთამწეობაზე მეტად დატვირთვა დაუშვებელია. დატვირთვის პროცესში რკინიგზის შემადგენლობის სანგრევის გასწვრივ გადაადგილება უნდა მოხდეს მხოლოდ ექსკავატორის მემანქანის ნებართვის სიგნალების მიხედვით. კარიერზე ლიანდაგები კვარტალში ერთხელ მანც

უნდა გაიწმინდოს და უნდა შემოწმდეს ინსტრუმენტებით პროექტთან შესაბამისობაზე.

სიგნალიზაციის, ბლოკირების და კავშირგაბმულობის ნაგებობები და მოწყობილობა დაცული უნდა იყოს წვევის დენის, ელექტროგადაცემის საპაერო ხაზების და მეხის განმუხტვის ხელის შემშლელი და საშიში გავლენისგან და მათზე კინტროლი უნდა განხორციელდეს საწარმოს ხელმძღვანელის მიერ დამტკიცებული გრაფიკით. ხელით მართვის ისრის გადასაყვანები აღჭურვილი უნდა იყოს განათებადი ან არაგანათებადი მაჩვენებლებით. ლიანდაგის გადასასვლელზე, სადაც მატარებლების ინტენსიური მოძრაობა და დიდი სამანევრო სამუშაოებია, უნდა მოეწყოს საქვეითო გვირაბები, ხიდები ან ბილიკები, რომლებიც შემოღობილი უნდა იყოს თვითმნათი მაფრთხილებელი ნიშნებით ან უნდა განათდეს სიბნელეში. დაუდგენელ ადგილებში ლიანდაგზე გადასვლა აკრძალულია.

კარიერის ლიანდაგზე მატარებლის მოძრაობის სიჩქარე განისაზღვრება გამოყენებული მოძრავი შემადგენლობის, ლიანდაგის ზედა წყობის და პროფილის, აგრეთვე, ადგილობრივი პირობების მიხედვით საწარმოს ხელმძღვანელობის მიერ. მატარებლის სვლა ვაგონებით წინ ნებადართულია იმ შემთხვევაში, თუ წინა ვაგონი მატარებლის მოძრაობის მიმართულებით აღჭურვილია სამუხრუჭე ბაქნით, რომელზეც უნდა იმყოფებოდეს გამცილებელი. დასაშვებია მატარებლის სვლა ვაგონებით წინ გამცილებლის გარეშე, მაგრამ წინა ვაგონს უნდა ჰქონდეს შესაბამისი ხმოვანი სიგნალი, ხოლო სიბნელეში – შუქსიგნალი. ამ შემთხვევაში გაჩერებებზე მატარებლის შემდგენლის მოვალეობა ეკისრება მემანქანის თანაშემწეს.

აკრძალულია ვაგონების გადაბმა და გადახსნა, პლატფორმაზე და ლოკომოტივზე ახტომა ან ჩამოხტომა მოძრაობის დროს, აგრეთვე, ბუფერებზე და ავტოგადასაბმელებზე მგზავრობა.

ლოკომოტივს უნდა ჰქონდეს წესიერულად მოქმედი: მუხრუჭების სისტემა – არანაკლებ ორისა (ხელის და პნევმატიკური ან

ელექტრული); მოწყობილობა ბგერითი სიგნალების მისაცემად; საქვიშარი; სიჩქარის საზომი; ხანძრის ჩაქრობის საშუალებები; განათების საშუალებები.

ვაგონების შემადგენლობის ქანობზე დატოვებისას მუხრუჭები უნდა იყოს ჩაჭერილი, ხოლო თვლების ქვეშ უნდა დაიდოს სამუხრუჭო ბუნიკები. ჩახსნილი ვაგონები კარიერის ლიანდაგებზე, საიმედოდ უნდა იყოს დამუხრუჭებული ქანობზე მათი თავისით გადაადგილებისაგან დასაცავად. სატვირთო მატარებლის შემადგენლობაში ადამიანების გადასაყვანი ვაგონების ჩართვა აკრძალულია. კარიერზე ადამიანების გადაყვანის ორგანიზაცია უნდა განხორციელდეს საწარმოს ხელმძღვანელობის მიერ დამუშავებული ინსტრუქციით.

კარიერის საავტომობილო გზებზე მოძრაობა უნდა დარეგულირდეს საგზაო მოძრაობის წესებით გათვალისწინებული სტანდარტული ნიშნებით და მათზე ავტომანქანების მოძრაობა უნდა განხორციელდეს გასწრების გარეშე.

ავტომობილების ექსკავატორით დატვირთვისას უნდა შესრულდეს შემდეგი პირობები:

ავტომობილი, რომელიც ელოდება დატვირთვას, უნდა

იმყოფებოდეს ექსკავატორის ჩამჩის მოქმედების რადიუსის გარეთ და უნდა დადგეს დატვირთვის ადგილზე მხოლოდ ექსკავატორის მემანქანის ნებართვის სიგნალის შემდეგ;

ავტომობილი, რომელიც იტვირთება, უნდა იყოს დამუხრუჭებული;

გ) ავტომობილის ძარაში ჩატვირთვა უნდა განხორციელდეს მხოლოდ გვერდიდან ან უკანა მხრიდან. აკრძალულია ექსკავატორის ჩამჩის გადატარება ავტომობილის ან ტრაქტორის კაბინაზე;

დ) დატვირთული ავტომობილი უნდა გადაადგილდეს განტვირთვის პუნქტისკენ მხოლოდ ექსკავატორის მემანქანის ნებართვის სიგნალის შემდეგ;

ე) ავტომობილი, რომელიც იტვირთება, უნდა იყოს მემანქანის მხედველობის არეში.

კარიერის თვითსაცლელი ავტომობილის კაბინა გადახურული უნდა იყოს სპეციალური დამცავი ქიმიით, რომელიც უზრუნველყოფს მძღოლის უსაფრთხოებას დატვირთვისას. თუ კაბანას არ გააჩნია დამცავი ქიმი, ავტომობილის მძღოლი ვალდებულია დატვირთვისას გადმოვიდეს კაბინიდან და იმყოფებოდეს ექსკავატორის ჩამჩის მოქმედების რადიუსის გარეთ.

კარიერზე ავტომობილის მუშაობისას აკრძალულია: ავტომობილის მოძრაობა აწეული ძარათი;

დატვირთვის ადგილისკენ 30 მ-ზე მეტ მანძილზე უკუსვლით გადაადგილება

(ტრანშეას გაყვანის შემთხვევის გარდა);

გ) გარეშე ადამიანების კაბინით გადაყვანა. ნებადართულია ტექნოლოგიური ავტომობილების კაბინებით ტექნიკური ზედამხედველი პირების და ცალკეული მუშების გადაადგილება, თუ მათ აქვთ ნებართვა და კაბინაში ადგილი;

დ) ავტომობილის დატოვება დაღმართზე და აღმართზე. დაღმართზე და აღმართზე ტექნიკური უწყესივრობის გამო ავტომობილის გაჩერებისას მძღოლმა უნდა მიიღოს ზომები, რომლებიც გამორიცხავენ ავტომობილის თვითნებურ მოძრაობას – გამართოს ძრავა, დაამუხრუჭოს მანქანა, თვლების ქვეშ დადოს საბჯენები (ბუნიკები);

ე) ძრავას ამუშავება ავტომობილის დაღმართზე დაგორებით.

ყველა შემთხვევაში ავტომობილის უკუსვლით მოძრაობისას საჭიროა უწყვეტი ხმოვანი სიგნალის მიცემა, ხოლო 10 ტ და მეტი ტვირთამწეობის ავტომობილის გადაადგილებისას ხმოვანი სიგნალი ავტომატურად უნდა ჩაერთოს.

კარიერზე ავტომობილით ადამიანების გადაყვანა დასაშვებია საწარმოში დამუშავებული და საწარმოს ხელმძღვანელის მიერ დამტკიცებული მარშრუტებით დროის, გადაადგილების სიჩქარის მითითებით და მხოლოდ ავტობუსებით და ადამიანების გადასაყვანად სპეციალურად აღჭურვილი ავტომობილებით.

ადამიანების ჩახსნდომის ბაქნები უნდა იყოს ჰორიზონტალური. აკრძალულია ჩახსნდომის ბაქნების მოწყობა გზის სავალ ნაწილზე.

საკონვეიერო დანადგარს უნდა ჰქონდეს:

მოწყობილობა მთელ სიგრძეზე ნებისმიერი წერტილიდან კონვეიერის

ავარიული გაჩერებისათვის;

ა) სიგნალიზაცია ამუშავების დაწყებაზე;

ბ) მახლობელი მოწყობილობა, რომელიც კონვეიერის დაცვის ამოქმედების შემდეგ გამორიცხავს დისტანციური ამუშავების შესაძლებლობას;

გ) მოწყობილობა, რომელიც ჩართული ამბრავისას ლენტის გაჩერების შემთხვევაში გამორთავს კონვეიერს;

დ) მოაჯირით შემოღობილი გადასასვლელი ბოგები;

ე) დამცავი მოწყობილობა კონვეიერის ქვეშ გასასვლელ ადგილებში გადასაადგილებელი მასალის ვარდნილი ნაჭრებისაგან ადამიანების დასაცავად.

საკონვეიერო გალერეაში კონვეიერსა და კედელს შორის ადამიანებისთვის დატოვებული უნდა იქნეს არანაკლებ 0,7 მ სიგანის გასასვლელი, ხოლო ორ კონვეიერს შორის – არანაკლებ 1 მ-სა. ღრეო კონვეიერსა და კედელს შორის იმ უბნებზე, სადაც ადამიანები არ მოძრაობენ, უნდა იყოს, სულ ცოტა, 0,4 მ. ღრეო კონვეიერის ყველაზე მაღალ ნაწილსა და ჭერს შორის უნდა იყოს, სულ ცოტა, 0,6 მ.

ლენტური კონვეიერის ამბრავ, დამჭიმ, გადამხრელ და ბოლო სადგურებს უნდა ჰქონდეს შემოღობვა, რომელიც კონვეიერების მუშაობის დროს გამორიცხავს დოლებთან დაბნეული მასალის ხელით აწმენდას. კონვეიერის ამბრავ ძრავასთან შემოღობვა ისე უნდა იყოს ბლოკირებული, რომ გამორიცხოს ძრავას ამუშავება მოხსნილი შემოღობვის შემთხვევაში.

კონვეიერზე უნდა დაიდგას ლენტის გამწმენდი მოწყობილობა, რომლის წესიერულობა შემოწმებული უნდა იქნეს ყოველ ცვლაში ცვლის ტექნიკური ზედამხედველი პირის მიერ. ჩახერგილ კონვეიერზე მუშაობა აკრძალულია.

სარემონტო სამუშაოები, ხელით შეხეთვა და კონვეიერის გაწმენდა უნდა შესრულდეს მხოლოდ გაჩერებულ კონვეიერზე და ბლოკირებულ ასამუშავებელ მოწყობილობაზე. 8<sup>0</sup>-ზე მეტი დახრით დაყენებული ლენტური კონვეიერი აღჭურვილი უნდა იყოს საიმედო ავტომატური სამუხრუჭო მოწყობილობით, რომელიც უნდა ამუშავდეს ძრავას გამორთვისას.

საკონვეიერო დანადგარის მუშაობისას აკრძალულია: ადამიანების გადაყვანა ამ მიზნისათვის მოწყობილი კონვეიერებით;

ლენტით მოწყობილობის ტრანსპორტირება;

გ) ამბრავ დოლზე კოლოფონის ან სხვა მასალების დაყრა ლენტის წაბუქ-სავეების აღმოფხვრის მიზნით;

დ) მოძრავი ლენტის ხელით მიმართვა.

ბუნკერებში ადამიანების ჩასვლა ნებადართულია მხოლოდ ჩამტვირთავი კონვეიერების გაჩერების შემდეგ და უნდა მოხდეს ბუნკერის კედელზე დამაგრებული კიბეებით. ბუნკერში ჩასვლა და იქ მუშაობა უნდა წარმოებდეს საწარმოს ხელმძღვანელების ნებართვით და ტექნიკური ზედამხედველი პირის მეთვალყურეობით. ჩამტვირთავი კონვეიერის ასამუშავებელი აპარატურის გამორთულ სახელურებზე უნდა გამოიკრას პლაკატები „არ ჩართოთ – მუშაობენ ადამიანები“.

ბუნკერში ჩამსვლელ ადამიანებს უნდა ჩაუტარდეთ ინსტრუქტაჟი და ჰქონდეთ ბუნკერის ზედა ნაწილში დამაგრებული მცველი სარტყლები და ბაგირები. ბუნკერში „საცობების“ ლიკვიდაციისათვის ბუნკერი აღ-

ჭურვილი უნდა იყოს სპეციალური მოწყობილობით. ბუნკერის განათებისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს საშახტო შესრულების სანათები. ადამიანების ისეთ ბუნკერში ჩასვლის წინ, რომელშიც სამთო მასა გამოყოფს აირად ნივთიერებებს, საჭიროა ჩატარდეს ჰაერის სინჯების ანალიზი.

კონვეიერის ლენტის მოძრაობის სიჩქარე ქანის ხელით გამორჩევისას არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მ/წმ-ს. ქანის გამორჩევის ადგილას ლენტი უნდა იყოს შემოღობილი.

საშენი და მოსაპირკეთებელი ქვების კარიერებზე ქვასაჭრელ მანქანაზე ხერხის დაყენება და გამოცვლა უნდა მოხდეს მხოლოდ ამ მიზნისთვის განკუთვნილი სამარჯვებით და ინსტრუმენტებით მაშინ, როდესაც ქვასაჭრელი მანქანის ელექტროძრავას ამამუშავებელი ამორთულია.

ქვასაჭრელ მანქანაზე ხერხის გამოცვლისას მჭრელი თავი არ უნდა იყოს 1,2 მ-ზე მაღლა. ხერხის აწევა მანქანის ლილვამდე უნდა განხორციელდეს გამძლე ხის ქვესადგამიდან, რომლის სიმაღლე 1 მ-ს არ აღემატება და დადგმულია მანქანის მჭრელი თავის ქვეშ. 1,2 მ-ზე მეტ სიმაღლეზე ხერხის გამოცვლის აუცილებლობის შემთხვევაში სამუშაოები უნდა ჩატარდეს მტკიცე ხარაჩოებიდან.

ქვასაჭრელი მანქანით მსხვილი საკედლე ბლოკების მოპოვებისას წრიული ფრეზების დასაყენებლად გამოყენებული უნდა იქნეს სპეციალური ქვესადგამები. აკრძალულია ქვესადგამების ნაცვლად ძალაყინებით და ფიცრის ჩამონაჭრებით სარგებლობა. წრიული ფრეზების დემონტაჟისას აუცილებელია რბილი ქვესადგამების გამოყენება.

ქვასაჭრელი მანქანის ან ქვის ბლოკების ბაგირული წვეით გადაადგილებისას ადამიანები უნდა იმყოფებოდნენ დაჭიმული ბაგირებიდან მოშორებით. ქვასაჭრელი მანქანის გადასაადგილებელი ლიანდაგის ბოლოს დაყენებული უნდა იქნეს მცველი საბჯენები. მომსახურე პერსონალს ეკრძალება რელსსა და სანგრევის კედელს შორის სივრცეში ყოფნა მანქანის უკან (მოძრაობის მიმართულების მიხედვით) 7 მ მანძილზე გვარლთან ჩაჭიდების შემდეგ. მაღალ საფეხურზე მომუშავე მანქანის ტრანსპორტირება შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური ნალოთი ან ტრაილერით, საწარმოს ხელმძღვანელის მიერ დამტკიცებული ტექნოლოგიური რუკების შესაბამისად.

ქვასაჭრელი მანქანის ლიანდაგი უნდა შედგებოდეს ერთი ტიპის რელსებისაგან, მიერთებული უნდა იყოს ადგილობრივ ჩამამიწებლებთან და რელსების პირაპირზე უნდა ჰქონდეს ელექტრული შეერთება. ერთ ლიანდაგზე ორი ან მეტი ქვასაჭრელი მანქანის ერთდროული მუშაობისას მათ შორის მანძილი არ უნდა იყოს 15 მ-ზე ნაკლები.

კარიერების მექანიკური მოწყობილობის ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვა უნდა განხორციელდეს საწარმოს ხელმძღვანელის მიერ დამტკიცებული ინსტრუქციის შესაბამისად, რომელიც უნდა შეიცავდეს კონკრეტულ ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებებს, აგრეთვე განსაზღვრავდეს ხანძრის ჩაქრობის საშუალებების რაოდენობას და მათი შენახვის ადგილებს.

**ლიტერატურა**

1. ა. ბეჟანიშვილი, გ. ბუცხრიკიძე, ვ.კურცხალია, თ. პეტრიაშვილი. სამში საწარმოო ობიექტების (სადაც სრულდება ღია სამთო სამუშაოები) უსაფრთხოების

- წესები. შპს „სამთო ტექნიკური მომსახურება“. თბილისი, 2006. 80 გვ.
2. ტექნიკური რეგლამენტი კარიერების უსაფრთხოების შესახებ. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის № 450 დადგენილება.

**БЕЖАНИШВИЛИ А.Г.  
ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА МЕХАНИЧЕС-  
КОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРА**

**BEZHANISHVILI A.  
REQUIREMENTS OF SAFETY EXPLOITATION  
AND REPAIR OF MECHANICAL EQUIPMENT OF  
QUARRY**

**АННОТАЦИЯ.** В работе даны общие положения безопасной эксплуатации и ремонта механического оборудования карьера. Описаны вопросы, связанные с расположением, перемещением и работой на карьере горных, транспортных и строительно-дорожных машин (буровые станки, экскаваторы, транспортно-отвалы мосты и консольные отвалообразователи, конвейерный транспорт, камнерезные машины), а также средства автоматизации и противопожарной защиты оборудования. Рассмотрены вопросы перемещения железнодорожных грузов, загрузки вагонов, устройства железнодорожных путей и автомобильных дорог, операции загрузки и разгрузки грузов на автомобильном транспорте.

**ANNOTATION:** Common requirements of safety exploitation and repair of mechanical equipment of quarry are given. Issues, concerning with disposition, displacement and working at quarry of mining, transport and road building machines ( drilling rigs, excavators, bulldozers, transport and dumping bridges, overburden spreaders, conveyers, rock-cutting machines), as well as means of automation and fire-protection equipment are described. Issues of displacement of railway cargo, loading of cars, devices of railway track and automobile roads, operations of loading and discharge of cargo at automobile transport are considered.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бурильный станок; транспортно-отвалный мост; камнерезная машина; экскаватор цепной многоковшовый; автомобильная дорога; погрузка-разгрузка груза; механическое оборудование карьера; средства противопожарной защиты.

**KEY WORDS:** drilling rig; transport and dumping bridge; rock-cutting machine; ladder-type; trenching machine; automobile road; loading and discharge of cargo; mechanical equipment of quarry; fire protection means.

უპკ 622.648 : 622.271.6 (075.8)

**აკად. დოქტორი მ. ჯანგიძე, ტექნ. მეცნ. დოქტორი ვ. სილაგაძე,  
ს. სტერიაკოვა  
სს „მადნეულის“ კარიერის და ნაყარქვეშა მუშავე წყლებიდან  
სპილენძის ამოსაღები საცემენტაციო რეაქტორების თვითღინებით  
ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის ტრასაზე არსებული მანაწილებელი  
ჭიდან მამდიდრებელი ფაბრიკის მთავარ კორპუსში განლაგებულ  
საცემენტაციო რეაქტორებამდე წყლის თვითღინებით რეჟიმში  
მისაწოდებელი სისტემის შესაძლო ვარიანტები. ჰიდროავლიკური  
გაანგარიშებების საფუძველზე შერჩეულია ტრასის საუკეთესო ვარიანტი  
და განსაზღვრულია სატრანსპორტო სისტემის ძირითადი მახასიათებელი  
პარამეტრები. საცემენტაციო რეაქტორების საჭირო რაოდენობის მდგრადი  
მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით ჩატარებულია აგრეთვე მანაწილებელი  
ჭის ჰიდროავლიკური გაანგარიშება. გადაწყვეტილია საცემენტაციო  
რეაქტორებში შემაჯავლი წყლის ზარჯის რეგულირების საკითხიც.  
ჩატარებული კვლევებისა და ანგარიშების საფუძველზე დატესტებულია მიღებული სა-**

ტრანსპორტო სისტემის სამშენებლო-სამონტაჟო დოკუმენტაცია.

**საკომანდო სიტყვები:** ჰიდროსატრანსპორტო სისტემა; თვითღინებითი რეჟიმი; სამარაგო რეზერვუარი; მანაწილებელი ჭა; საცემენტაციო რეაქტორი; პლასტმასის მილი; მილსადენი ტრასა; დაწნევის გრძივი დანაკარგები; დაწნევის ადგილობრივი დანაკარგები.

სს „მადნეულის“ კარიერის და ნაყარქვეშა მუშავე წყლები წარმოადგენენ მძიმე მეტალების სულფატურ ხსნარებს, რომლებშიც საკმაო რაოდენობითაა სპილენძი, თუთია, რკინა და სხვა. აღნიშნული შემცველობა და მაღალი მუჟიანობა (PH=2,5-3,5) იწვევდა მდინარეების კაზრეთულას და მაშვერას დაბინძურებას, რამაც განაპირობა გადაუდებელი ღონისძიებების გატარება მკვეთრი გავლენის თავიდან ასაცილებლად. კომპანიის ხელმძღვანელობამ მიიღო გადაწყვეტილება ღონისძიებები

ჩატარებულიყო ორ ეტაპად. პირველი ეტაპი ითვალისწინებდა მჟავე წყლების შეკრებას, ცალკე მილსადენით მამდიდრებელი ფაბრიკის მთავარ კორპუსში მიყვანას, განეიტრალებას და წყალბრუნვაში ჩართვას, რაც განხორციელდა და წარმატებით ფუნქციონირებს.

მეორე ეტაპი შეისწავლა შპს “ეკოლოგმა”, რომელმაც სანკტ-პეტერბურგის სპეციალისტებთან ერთად დაამუშავა მეტალების ამოღებისა და წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური სქემა.

გამარტივებული ტექნოლოგიური სქემა ასეთია: მჟავე წყლები ( $Q=2400-3000$  მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში საშუალოდ) მიეწოდება საცემენტაციო რეაქტორებში (სვეტებში), რომლებშიც პარალელურად მიეწოდება აქტიური ფილტრი. ხსნარისა და აქტიური ფილტრის საკონტაქტო დრო 10 წუთია. აქტიური ფილტრიდან ხსნარში ჩაენაცვლება რკინა და გამოთავისუფლდება სპილენძი, რომელიც გადანადენთან ერთად მიეწოდება სალექარში და მიიღება სპილენძის კონცენტრატი.

ამჟამად მოქმედი სქემით მჟავე წყლები თვითინებით მიეწოდება სამარაგო რეზერვუარში (რომლის მოცულობა  $V=5000$  მ<sup>3</sup>), საიდანაც ტუმბოთი და  $d=0,1$  მ უჟანგავი ფოლადის მილებით გადაიტუმბება ზუმფში (ავზში), ხოლო აქედან ასევე ტუმბოთი – უშუალოდ საცემენტაციო რეაქტორებში (სვეტებში). მიწოდების ასეთ სქემას გააჩნია უარყოფითი მხარეები. კერძოდ, იხარჯება ელექტროენერგია, ცვეთას განიცდის მოწყობილობა (ტუმბო, ელექტროძრავა), მაშინ როდესაც რეაქტორების ზედა თავსა და მჟავე წყლების მომყვან აზბოცემენტის მილის ნიშნულს შორის (იმ წერტილებში, საიდანაც იწყება დაღმავალი მონაკვეთი, სამარაგო ავზისაკენ) არის გარკვეული გეომეტრიული სიმაღლე.

შპს “ეკოლოგი”-ს ხელმძღვანელობამ დასვა საკითხი შესწავლილიყო არსებული გეომეტრიული სიმაღლის გამოყენებით საცემენტაციო რეაქტორებში მჟავე წყლების თვითინებით რეჟიმში მიწოდების შესაძლებლობა. აღნიშნული სამუშაოს შესრულება დაევალა სსიპ გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტს, ხელშეკრულებით სს „მადნეულთან“.

კარიერის და ნაყარქვეშა მჟავე წყლები წყალშემკრები ჯებირიდან, რომელიც განლაგებულია ნაყარიდან კარიერის წყლების გამოსასვლელთან უშუალო სიახლოვეში, თვითინებით (აზბოცემენტის  $d=0,28$  მ მილის და რკინაბეტონის ღია არხით) მიეწოდება მამდიდრებელი ფაბრიკის მთავარი კორპუსის ბოლოში მოთავსებულ სამარაგო რეზერვუარში (შემასქელებელში). მჟავე წყლების სატრანსპორტო მილის ტრასა ფაბრიკის ადმინისტრაციულ კორპუსის დასაწყისის გასწვრივ (მიმღებ ჭასთან) მკვეთრად ვარდება ფაბრიკის მთავარი კორპუსის უკან გამავალ გზამდე. მკვეთრი ვარდნის დასაწყისიდან მთავარ კორპუსში განლაგებულ საცემენტაციო რეაქტორების ძირამდე მიწის ზედაპირის ნიშნულები თანაბრად, მაგრამ კვლავ მცირდება. სწორედ მიმღები ჭიდან საცემენტაციო რეაქტორებამდე (ზედა თავამდე) არსებული გეოდეზიური სიმაღლის ზუსტი განსაზღვრა, მათი შემაერთებული ოპტიმალური ტრასის შერჩევა და ჰიდრავლიკური გაანგარიშება იძლევა საშუალებას დადგინდეს საცემენტაციო რეაქტორებში საჭირო რაოდენობის წყლის თვითინებით რეჟიმში მიწოდების შესაძლებლობა.

კარიერის წყლები ქ. სვერდლოვსკის საპროექტო-სადიებო ინსტიტუტ “უნიპრომედ”-ის მონაცემებით ფორმირდება ორი წყალშემცველი ზონიდან [1]: 1 – უდაწნეო ზონა, რომელიც იკვებება ზედაპირული ნალექებიდან და 2 – დაწნეითი ზონა, რომელსაც აქვს რეგიონალური გავრცელება და მიწისქვეშა ნაკადის შესაბამისი მიმართულება. უდაწნეო ზონიდან საშუალო წლიური მონადენი შეადგენს  $7,6$  მ<sup>3</sup>/სთ, ხოლო დაწნეითი ზონიდან –  $93 \pm 34$  მ<sup>3</sup>/სთ. ჯამური საშუალო წლიური მონადენი შეადგენს  $Q_{\text{საერთო}} = 93 + 7,6 \pm 34 = 100,6 \pm 34$  მ<sup>3</sup>/სთ. აღნიშნულ მონადენებს ემატება წვიმის წყლები წყალშემკრები ფართობიდან, რომლის გავლენის ზონაში არის კარიერის მჟავე წყლების სატრანსპორტო მილის (არხის) სათავე ნაგებობა. ეს ფართობი რელიეფის ტოპოგრაფიული მასალის მიხედვით მიახლოებით  $60-70$  ჰექტარია. ნალექების მაქსიმალური რაოდენობა ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემებით დაფიქსირებულია აპრილის თვეში, რომელიც შეადგენს  $59,0$  მმ–ს [1]. მოსული ნალექების მოცულობა აღნიშნულ წყალშემკრებ ფართობზე არის  $W = 0,059 \times 600000 = 35400$  მ<sup>3</sup>. საათური მაქსიმალური ხარჯი შეადგენს  $Q_{\text{საერთო}} = 100,6 + 50 \pm 34 = 185,0$  მ<sup>3</sup>/სთ გარკვეული მარაგით საანგარიშოდ ვლებულობთ  $Q_{\text{საერთო}} = 200$  მ<sup>3</sup>/სთ.

მანაწილებელი ჭიდან მამდიდრებელი ფაბრიკის მთავარ კორპუსში განლაგებულ საცემენტაციო რეაქტორებამდე მჟავე წყლების მიწოდების რამდენიმე ვარიანტი იქნა განხილული: 1) ჭიდან მწვანე ნარგავებში გზამდე უმოკლესი მანძილის გავლით (კიუვეტთან დადგმულ მცირე ზომის ავზამდე), კიუვეტის გასწვრივ გატარებით, გზის ერთჯერადი გადაკვეთით ფანჩატურის წინ ბორდიურის გაყოლებით ფაბრიკის მთავარ კორპუსში კარის მარცხენა მხარეს კედელში შესვლით რეაქტორებამდე; 2) ჭიდან მწვანე ნარგავებში გზამდე უმოკლესი მანძილის გავლით (კიუვეტთან დადგმულ მცირე ზომის ავზამდე) კიუვეტის გასწვრივ ავზიდან  $27$  მეტრზე  $90^{\circ}$ -იანი კუთხით მარჯვნივ მოხვევით, გზის ერთჯერადი გადაკვეთით, მწვანე გაზონში გავლით და ფაბრიკის მთავარ კორპუსში კარის მარჯვნივ კედელში შესვლით, ფაბრიკის ტიხარი კედლის (რომელზეც დაფა ჩამოკიდებული) გაყოლებით შემალლებულ ბორდიურამდე და მარცხნივ მოხვევით რეაქტორებამდე; 3) მილსადენის გაყვანა მაღალ საყრდენებზე არსებული ესტაკადის გამოყენებით; 4) ჭიდან მღვრე დაქანებით მწვანე ნარგავებში გატარებით, გზის ერთჯერადი გადაკვეთით, ფანჩატურის წინ ბორდიურის გაყოლებით და ფაბრიკის მთავარ კორპუსში შესასვლელი კარის მარცხენა ნაპირის კედელში გავლით რეაქტორებამდე; 5) ჭიდან მთავარ კორპუსში შესვლამდე პირდაპირი ხაზის გაყვანა გზების რამდენიმე ადგილზე გადაკვეთით. შერჩეული ვარიანტებიდან ყველაზე რაციონალურად ჩავთვალეთ პირველი ორი ვარიანტი და ჩვენს მიერ გადაღებული იქნა ტრასის გრძივი პროფილები (პირობითი ნიშნულებში) შესაბამისი სიტუაციებით. გრძივი პროფილი II ვარიანტისათვის საფუძვლად დაედო ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებებს და სამშენებლო-სამონტაჟო ნახაზების დამუშავებას.

ჰიდრავლიკური გაანგარიშებები ჩატარდა შემდეგი საწყისი მონაცემების მიხედვით: თითოეულ რეაქტორს უნდა მიეწოდოს წყლის ხარჯი  $Q = 50$  მ<sup>3</sup>/სთ,

ანუ მთლიანი ხარჯი, რომელზეც უნდა გაითვალისთავიონ ტრანსპორტირების სისტემა, შეადგენს  $Q_{\Sigma} = 200 \text{ მ}^3/\text{სთ}$  (ანუ ოთხი რეაქტორის ერთდროული მუშაობისათვის); მილსადენის მასალა – პლასტმასი (P100, SDR 27,6 PH6); მილსადენის საანგარიშო სიგრძე I ვარიანტისათვის  $L=160 \text{ მ}$ , II ვარიანტისათვის  $L=130 \text{ მ}$ ; არსებული გეოდეზიური სიმაღლე (მანაწილებელ ჭაში წყლის დონესა და რეაქტორის ზედა ნაწილში წყლის დონის ნიშნულებს შორის სხვაობა) -  $H_{\delta} = 7,88 \text{ მ}$ ; მიმღები მილის ჩაყვინთვის სიმაღლე ჭაში წყლის პოზონტის ქვეშ -  $h_{\text{ჩაყვ}} = 0,45 \text{ მ}$  (იხ. ნახ. 1 და ნახ. 2).

I ვარიანტის მიხედვით ჩატარებული ჰიდრავლიკური გაანგარიშებები პლასტმასის როგორც  $d_{\text{გარ}} = 0,225 \text{ მ}$  ისე  $d_{\text{გარ}} = 0,250 \text{ მ}$  დიამეტრის მილებით მოცემულია სამუშაოში [2] და აქ არ განვიხილავთ. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ II ვარიანტთან შედარებით I ვარიანტი, როგორც წინასწარ საორიენტაციოდ განისაზღვრა (რაც შემდეგ გაანგარიშებებითაც დადასტურდა), უფრო ნაკლებად ხელსაყრელად იქნა მიღებული, ამიტომ აქ განვიხილავთ მხოლოდ II ვარიანტს  $d_{\text{გარ}} = 0,250 \text{ მ}$  ( $d_{\text{გ}} = 0,232 \text{ მ}$ ) პლასტმასის მილის შემთხვევისათვის.

II ვარიანტის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახა-

ზზე 1.

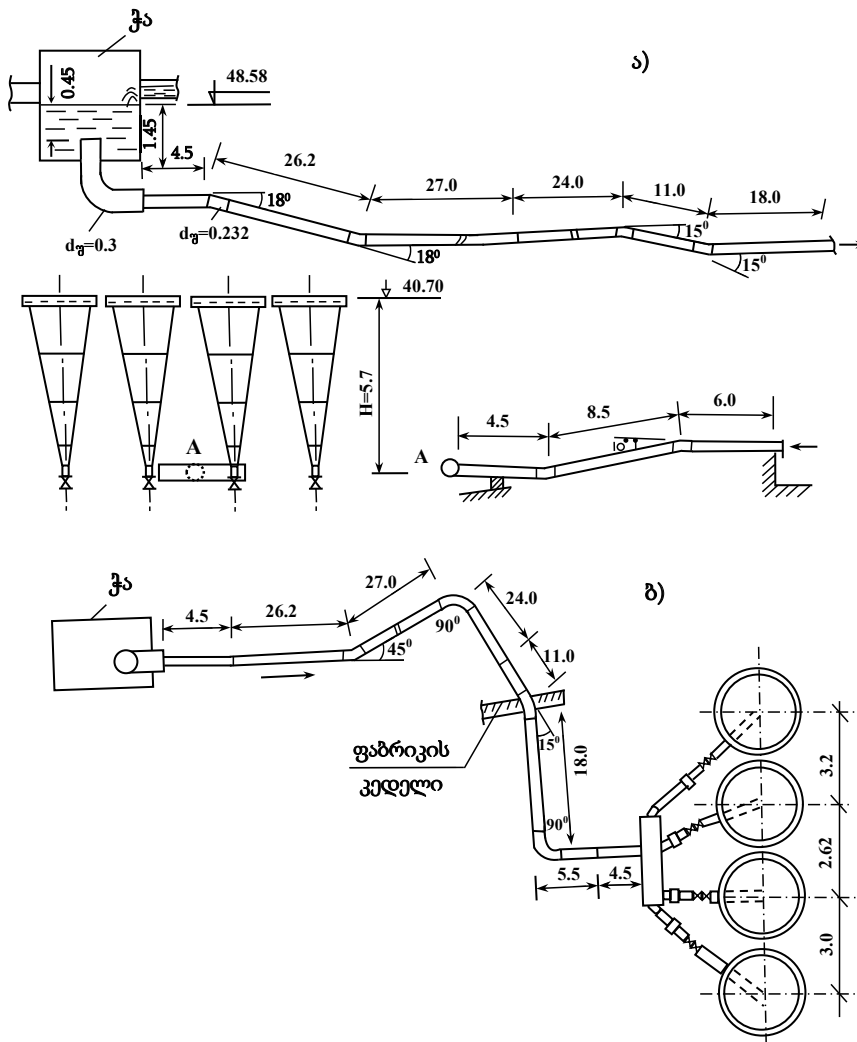
ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებებს ვაწარმოებთ შემდეგი თანამიმდევრობით:

სატრანსპორტო სისტემებისათვის საჭირო დაწნევა იანგარიშება ფორმულით:

$$H = h_{\text{გრძ}} + h_{\text{აღგ}}, \quad (1)$$

სადაც  $h_{\text{გრძ}}$  არის დაწნევის დანაკარგები ხაზუნის წინააღობის გადალახვაზე მილის სიგრძეზე,  $h_{\text{აღგ}}$  - დაწნევის დანაკარგები ადგილობრივი წინააღობების გადალახვაზე (დანაკარგები მილში ნაკადის შესვლაზე, უეცარ შევიწროებაზე, უეცარ გაფართოებაზე, მოსახვევებზე, ხარჯმზომში, რეაქტორებში და ა.შ.),  $h_{\text{აღგ}}$ .

პირველ რიგში გამოწმობთ პირობას, ხომ არ წარმოქმნება ჭაში გრივალური ძაბრი და შესაბამისად ხომ არ ხდება ჰაერის შეწოვა გამყვან მილის ყელში, რომელიც შეაფერხებს წყლის ხარჯის ნორმალურ მიწოდებას. არსებობს პირობა [3], რომ შემწოვი მილის პირი ჩაძირული უნდა იყოს წყლის დონის ქვემოთ  $1,5 \text{ მ}$  - თი, სადაც დ შემწოვი (ჩვენს შემთხვევაში გამყვანი მილი) მილის დიამეტრია და უდრის  $0,3 \text{ მ}$ -ს. ე.ი.  $1,5d = 1,5 \times 0,3 = 0,45 \text{ მ}$ . არსებული ჩაყვინთვის სიმაღლე სქემის მიხედვით (იხ. ნახ. 1 და ნახ. 2) არის  $48,58 - 48,13 = 0,45 \text{ მ}$ . მაშასადამე პირობა დაცულია.



ნახ. 1. სქემა ჰიდრავლიკური გაანგარიშებისათვის (II ვარიანტი): ა) პროფილი; ბ) გეგმა

გამოწმებთ აგრეთვე პირობას – ხომ არ უკეთესს ლიმიტირებას მილსადენი სისტემის რომელიმე უბანი ხარჯს, რომელიც ნაკლები იქნება საანგარიშოზე (200 მ<sup>3</sup>/სთ). ამ მხრივ, უპირველეს ყოვლისა, შემოწმებას მოითხოვს საწყისი უბანი, სადაც გეოდეზიური სიმაღლე მხოლოდ იწყება. ეს პირობა მოწმდება პორიზონტალური უბნის სიგრძისა და გეოდეზიური სიმაღლის ფარდობიდან გამომდინარე შემდეგი ფორმულით [4]

$$Q_{\%} = \sqrt{\frac{1}{K_{\varrho}} \cdot \frac{H}{L+H}} \quad (2)$$

სადაც  $H$  არის საანგარიშო უბნის გეოდეზიური სიმაღლე,  $H=48,5-47,28=1,3$  მ;  $L$  - უბნის პორიზონტალური სიგრძე, მ,  $L=4,5$  მ;  $K_{\varrho}$  - მოცემული მილსადენისათვის მუდმივი სიდიდეა (წმ<sup>2</sup>/მ<sup>6</sup>) და იანგარიშება ფორმულით

საბოლოოდ

$$Q_{\%} = \sqrt{\frac{1}{2,17} \cdot \frac{1,3}{4,5+1,3}} = \sqrt{0,1033} = 0,321 \text{ მ}^3 / \text{წმ} = 1157 \text{ მ}^3 / \text{სთ} \gg 200 \text{ მ}^3 / \text{სთ} .$$

ამრიგად, გამოდის რომ საწყისი უბანი საანგარიშო ხარჯს ლიმიტირებას არ უკეთებს.

სამშენებლო ნორმები და წესები (СНИП) რეკომენდაციას იძლევა წყალსადენის მილები გაანგარიშებული იქნეს ფ. ა. შეველიოვის ფორმულებით [6]. დაწნევის კუთრი დანაკარგები სიგრძეზე პლასტმასის მილებისათვის იანგარიშება ფორმულით [7]

$$i = 0,000685 \frac{v^{1,774}}{d_{\varrho}^{1,226}} \quad (5)$$

მონაცემების შეტანით ვღებულობთ

$$i = 0,000685 \frac{1,3^{1,774}}{0,232^{1,226}} = 0,0066 \text{ მ წყ. სე/მ} .$$

მთლიანი დანაკარგები სიგრძეზე

$$h_{\text{გრძ}} = i \times \Sigma L \quad (6)$$

სადაც  $\Sigma L$  არის მილსადენის საერთო სიგრძე, მ. თუ  $\Sigma L=130$  მ, მაშინ დაწნევის გრძივი დანაკარგების ჯამური სიდიდე  $h_{\text{გრძ}} = 0,0066 \times 130 = 0,86$  მ.

დაწნევის დანაკარგები ადგილობრივი წინაღობების გადალახვაზე იანგარიშება ფორმულით [8]

$$h_{\text{აღ}} = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

$$K_{\varrho} = \frac{8 \lambda_{\text{საშ}}}{\pi^2 g d_{\varrho}^5} \quad (3)$$

აქ  $\lambda_{\text{საშ}}$  აიღება ცხრილებიდან [5], ან იანგარიშება ფორმულით [6, 7]

$$\lambda_{\text{საშ}} = \frac{0,01344}{d_{\varrho}^{0,226} \cdot v^{0,226}} \quad (4)$$

სადაც  $d_{\varrho}$  არის მილის შიგა დიამეტრი, მ;  $v$  - ნაკადის სიჩქარე მილში, მ/წმ;

$$d_{\varrho} = 0,232 \text{ მ}; v = \frac{Q}{\omega} = \frac{200 \cdot 4}{3600 \cdot \pi d_{\varrho}^2} = 1,31 \text{ მ/წმ}, \text{ მაშინ}$$

$$\lambda_{\text{საშ}} = \frac{0,01344}{0,232^{0,226} \cdot 1,31^{0,226}} = \frac{0,01344}{0,718 \cdot 1,062} = 0,0176 \text{ და}$$

$$K_{\varrho} = \frac{8 \cdot 0,0176}{3,14^2 \cdot 9,81 \cdot 0,232^5} = 2,17 \text{ წმ}^2 / \text{მ}^6 .$$

სადაც  $\xi$  არის ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტი და სხვადასხვა სახის წინაღობისათვის სხვადასხვაა; აიღება ცხრილებიდან ან გაიანგარიშება;  $V$ -ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ;  $g=9,81$  მ/წმ<sup>2</sup> – სიმძიმის ძალის აჩქარება.

1. დაწნევის დანაკარგი ჭიდან მილში შესვლაზე. მილყელის დიამეტრი  $d_{\varrho} = 0,300$  მ; შესვლის სიჩქარე  $v = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d_{\varrho}^2} = \frac{4 \times 200}{3,14 \times 0,3^2 \times 3600} = 0,786$  მ/წმ.

თუ მკვეთრი გადასვლის დროს ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტი  $\xi=0,5$  [7], მაშინ

$$h_{\text{აღ}} = 0,5 \cdot \frac{0,786^2}{19,62} = 0,0157 \text{ მ} .$$

2. დაწნევის დანაკარგი ჭიდან გამოსასვლელ მოსახვევში.  $d_{\varrho} = 0,300$  მ; მოხვევის კუთხე 90°; მდოვრე მოხვევა, მოხვევის რადიუსი უდრის 1,0 მ-ს,  $\xi=0,15$  [7], მაშინ

$$h_{\text{მოსახ.}}^{90^\circ} = 0,15 \cdot \frac{0,786^2}{19,62} = 0,031 \text{ მ} .$$

3. დაწნევის დანაკარგი უეცარ შევიწროებაზე (0,300 მ-იანი დიამეტრის მუხლიდან 0,250 მ-იან დიამეტრის მილში გადასვლაზე).

აღნიშნული შევიწროებისათვის

$$\left( \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{0,042}{0,071} = 0,6 \right) \xi = 0,2, \text{ მაშინ}$$

$$h_{\text{შევიწრო.}} = 0,2 \cdot \frac{1,31^2}{19,62} = 0,017 \text{ მ.}$$

4. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ვერტიკალურ სიბრტყეში.

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ვერტ}} = 18^0, \xi = 0,2, v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,0555 \cdot 4}{\pi d_{\text{გ}}^2} = \frac{0,0555 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,216^2} = 1,51 \text{ მ/წმ, მაშინ}$$

$$h_{\text{მოხვ}}^{180^0} = 0,2 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,023 \text{ მ.}$$

5. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ვერტიკალურ სიბრტყეში

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ვერტ}} = 18^0, \xi = 0,2, \text{ მაშინ } h_{\text{მოხვ}}^{180^0} = 0,2 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,023 \text{ მ.}$$

6. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ჰორ}} = 45^0, \xi = 0,35 \text{ მაშინ } h_{\text{მოხვ}}^{45^0} = 0,35 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,04 \text{ მ.}$$

7. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ჰორ}} = 90^0, \xi = 1,1 \text{ მაშინ } h_{\text{მოხვ}}^{90^0} = 1,1 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,128 \text{ მ.}$$

8. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ვერტიკალურ სიბრტყეში

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ჰორ}} = 15^0, \xi = 0,17 \text{ მაშინ } h_{\text{მოხვ}}^{15^0} = 0,17 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,02 \text{ მ.}$$

9. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში (მამდიდრებელი ფაბრიკის მთავარ კორპუსში შესვლაზე).

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ჰორ}} = 15^0, \xi = 0,17 \text{ მაშინ } h_{\text{მოხვ}}^{15^0} = 0,17 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,02 \text{ მ.}$$

10. დაწნევის დანაკარგი მოხვევაზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში

$$\alpha_{\text{გარ}}^{\text{ჰორ}} = 90^0, \xi = 1,1 \text{ მაშინ } h_{\text{მოხვ}}^{90^0} = 1,1 \cdot \frac{1,51^2}{19,62} = 0,128 \text{ მ.}$$

11. დაწნევის დანაკარგი მილიდან  $d_{\text{მილა}} = 0,232 \text{ მ}$  კოლექტორში  $d = 0,300 \text{ მ}$  შესვლაზე. იანგარიშება როგორც უცარ გაგანიერებაზე

$$h_{\text{გაგან.}} = \xi \frac{v^2}{2g}; \quad v_2 = \frac{Q}{\omega^2} = \frac{0,0555 \times 4}{3,14 \times 0,300^2} = 0,786 \text{ მ/წმ.}$$

$$\xi = \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 = \left( \frac{0,707}{0,0429} - 1 \right)^2 = 0,45, \text{ მაშინ } h_{\text{გაგან.}} = 0,45 \cdot \frac{1,31^2}{19,62} = 0,04 \text{ მ.}$$

12. დაწნევის დანაკარგი კოლექტორში

$$h_{\text{გოდ}} = i \times L = 0,000685 \times \frac{V^{1,774}}{d_{\text{გ}}^{1,226}} \times 3,0 = 0,006 \text{ მ, } L = 3,0 \text{ მ არის კოლექტორის სიგრძე.}$$



13. დაწნევის დანაკარგი კოლექტორიდან რეაქტორთან გადაყვან მილში შესვლაზე

$$d_{\text{გამყ.}} = 0,102 \text{ მ}, Q = 50 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 0,0139 \text{ მ}^3/\text{წმ}, \omega = 0,0707 \text{ მ}^2;$$

$$\omega_2 = 0,00785 \text{ მ}^2, \xi = 0,5 \left( 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right) = 0,5 \left( 1 - \frac{0,00785}{0,0707} \right) = 0,45;$$

$$v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{0,0139}{0,00785} = 1,77 \text{ მ} / \text{წმ}, \text{ მაშინ } h_{\text{შესვ.}} = 0,45 \cdot \frac{1,77^2}{19,62} = 0,072 \text{ მ}.$$

14. დაწნევის დანაკარგი საკვალთში.

წინააღმდეგობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია დაკეტვის ხარისხზე და იცვლება დიაპაზონში 0-∞. საანგარიშოდ ვიღებთ საკვალთს, რომელიც დაკეტილია 4/8 ნაწილზე. ასეთი დაკეტვის ხარისხისათვის  $\xi = 2,0$  და

$$h_{\text{საკვ.}} = 2,0 \cdot \frac{1,77^2}{19,62} = 0,32 \text{ მ} . \text{ ორ საკვალთზე}$$

$$h_{\text{საკვ.}} = 0,32 \times 2 = 0,64 \text{ მ} .$$

15. დაწნევის დანაკარგი ხარჯმზომში

$$\xi = 0,5 \text{ და } h_{\text{ხარჯმზ.}} = 0,5 \cdot \frac{1,77^2}{19,62} = 0,079 \text{ მ} .$$

16. დაწნევის დანაკარგი რეაქტორთან მისაერთებელ მუხლში (მოხვევაზე)

$$\alpha_{\text{მოსვ.}} = 90^\circ, \xi = 1,1 \text{ და } h_{\text{მოსვ.}} = 1,1 \cdot \frac{1,77^2}{19,62} = 0,175 \text{ მ} .$$

17. დაწნევის დანაკარგი საქმენში (იანგარიშება როგორც უეცარ შევიწროებაზე)

$$d_{\text{საქმ.}}^{\text{შესვ.}} = 0,07 \text{ მ}, \omega_2 = \frac{\pi d_{\text{საქმ.}}^2}{4} = 0,0038 \text{ მ}^2; \omega_1 = 0,00785 \text{ მ}^2,$$

$$\xi = 0,5 \left( 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right) = 0,26, \text{ მაშინ}$$

$$v_{\text{საქმ.}} = \frac{Q}{\omega_{\text{საქმ.}}} = \frac{50 \times 4}{\pi d_{\text{საქმ.}}^2 \times 3600} = 3,65 \text{ მ} / \text{წმ} \text{ და}$$

$$h_{\text{საქმ.}} = \xi \frac{v^2}{2g} = 0,26 \cdot \frac{3,65^2}{19,62} = 0,18 \text{ მ} .$$

18. დაწნევის დანაკარგი საქმენიდან გამოსვლაზე. რეაქტორში ნაკადის შესვლის ადგილზე რეაქტორის დიამეტრი შეადგენს 0,370 მ-ს, რომლის განივი კვეთის ფართობი არის  $\omega_2 = 0,1075 \text{ მ}^2$ , ამ კვეთში სიქარე

$$v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{0,0139}{0,1075} = 0,13 \text{ მ} / \text{წმ},$$

$$\xi = \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 = 729 \text{ და}$$

$$h_{\text{რეაქტ. შესვ.}} = \xi \frac{v^2}{2g} = 729 \cdot \frac{0,13^2}{19,62} = 0,62 \text{ მ} .$$

19. მიღების შეერთებაზე დაწნევის ადგილობრივი დანაკარგები აიღება გრძივი დანაკარგების 10%. ე.ი.  $h_{\text{მოერთ.}} = 0,1 \cdot h_{\text{გრძ.}} = 0,1 \times 0,86 = 0,086 \text{ მ} .$  მაშასადამე დაწნევის ჯამური დანაკარგები ადგილობრივ წინააღმდეგობებზე შეადგენს

$$\sum h_{\text{საღ.}} = 0,0157 + 0,031 + 0,017 + 0,023 + 0,023 + 0,04 + 0,128 + 0,02 + 0,02 + 0,128 + 0,042 + 0,006 + 0,072 + 0,64 + 0,079 + 0,175 + 0,18 + 0,62 + 0,086 = 2,35 \text{ მ} .$$

დაწნევის დანაკარგი რეაქტორში მძიმე სითხის სვეტის წინააღმდეგობის გადალახვაზე იანგარიშება შემდეგნაირად. არსებული გეოდეზიური სიმაღლის ნაწილი დახარჯება რეაქტორში მძიმე სითხის მიერ წინააღმდეგობის გადალახვაზე. ამისათვის საჭიროა ვიანგარიშოთ სითხის სიმკვრივე რეაქტორში. იგი გამოითვლება ფორმულით

$$P = \frac{\rho_{\text{ჰან.}} - \rho_0}{\rho_{\text{მყ.}} - \rho_0} \cdot \rho_{\text{მყ.}} \quad (8)$$

სადაც არის მყარის (აქტიური ფილტრის) შემცველობა ჰიდრონარევის მოცულობაში, კგ/მ<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{ჰან.}}$  ჰიდრონარევის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;  $\rho_0$  - წყლის სიმკვრივე,

კგ/მ<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{მყ.}}$  - აქტიური ფილტრის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>.

აქტიური ფილტრის სიმკვრივე განისაზღვრება ლაბორატორიული წესით მიღებული მეთოდით [9]. განსაზღვრული სიდიდე  $\rho_{\text{მყ.}} = 7260 \text{ კგ/მ}^3$ .

თუ მივიღებთ, რომ აქტიური ფილტრი ძირითადად ტრიალებს რეაქტორის ქვედა ნაწილში 1,0-1,2 მეტრის სიმაღლეზე (ზონაში), რომლის მოცულობა შეადგენს 0,22 მ<sup>3</sup>-ს, მაშინ მყარის შემცველობა იქნება  $P = \frac{50}{0,22} = 227 \text{ კგ/მ}^3$ , სადაც 50 კგ არის რეაქტორში

ერთდროულად მიწოდებული აქტიური ფილტრის რაოდენობა;  $\rho_0 = 1000 \text{ კგ/მ}^3$ . ე.ი. გვექნება

$$227 = \frac{\rho_{\text{ა.ფ.}} - 1000}{7260 - 1000} \times 7260, \text{ საიდან } \rho_{\text{ა.ფ.}} = 1196 \text{ კგ/მ}^3.$$

1.15 მეტრის სიმაღლეზე მძიმე სითხით შექმნილი წინაღობა იქნება

$$\Delta h = 1,15 \times \rho_{\text{ა.ფ.}} - 1,15 = 1,15 \times 1,196 - 1,15 = 0,225 \text{ მ.}$$

თუ დავუშვებთ, რომ აღნიშნული სიმკვრივე (1196 კგ/მ<sup>3</sup>) გვექნება რეაქტორის მთელ სიმაღლეზე (რაც ნაკლებად მოსალოდნელია), მაშინ

$$\Delta h = 5,7 \times 1,196 - 5,7 = 1,117 \text{ მ.}$$

საბოლოოდ დახარჯული დაწნევების ჯამი შეადგენს

$$H_{\%} = 0,86 + 2,35 + 0,225 = 3,44 \text{ მ.}$$

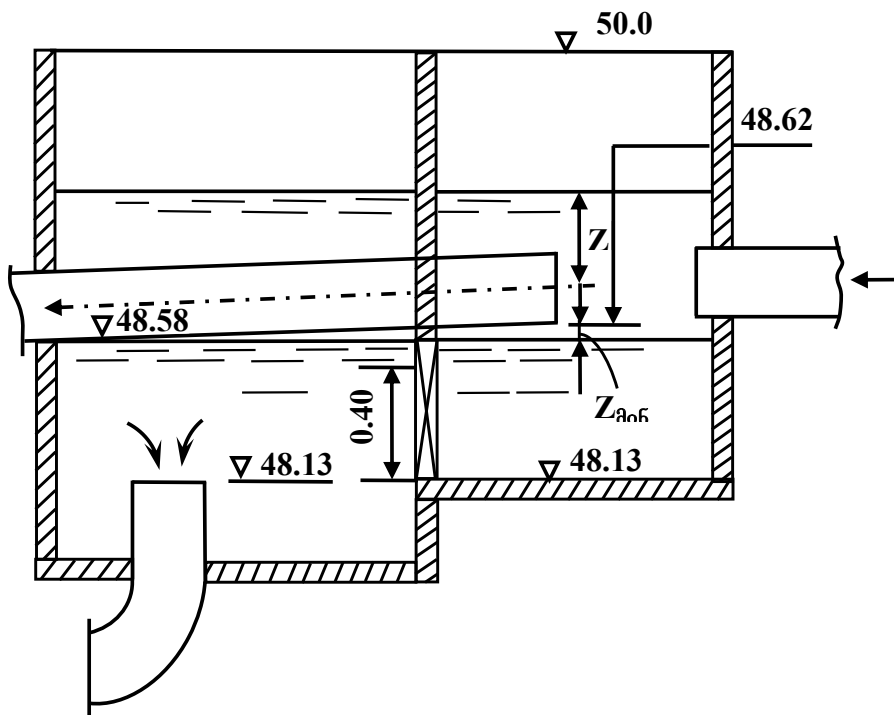
ან ყველაზე უარესი პირობებისათვის

$$H_{\%} = 0,86 + 2,35 + 1,117 = 4,33 \text{ მ.}$$

მარაგის კოეფიციენტის გათვალისწინებით  $K = (1,15 - 1,2)$  მივიღებთ, რომ  $H_{\%} = 3,44 \times 1,2 = 4,13$  მ ან  $H_{\%} = 4,33 \times 1,2 = 5,20$  მ.

როგორც ანგარიშებიდან ჩანს, II ვარიანტის სქემა ჰიდრაულიკურად უფრო ხელსაყრელია ვიდრე I ვარიანტის, რასაც წინასწარ, საორიენტაციოდაც ვვარაუდობდით. ამ შემთხვევაში დაწნევის მიღებული საჭირო სიდიდეები (4,13 მ და 5,20 მ) გაცილებით ნაკლებია არსებულ გეოდეზიურ სიმაღლეზე (7,88 მ), რაც საჭირო ხარჯის (200 მ<sup>3</sup>/სთ) მიწოდების სრულ გარანტიას იძლევა. ჭარბი დაწნევა (7,88 - 4,13 = 3,75 მ ან 7,88 - 5,20 = 2,68 მ) დაიხარჯება რეაქტორის წინ დაყენებულ სარეგულაციო საკვალთში.

შემდეგ ვაწარმოებთ მანაწილებელი ჭის ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებას. მისი სქემა მოცემულია ნახაზზე 2.



ნახ. 2. მანაწილებელი ჭის საანგარიშო სქემა

მანაწილებელ ჭაში შემოსული ნაკადი ნაწილდება შემდეგნაირად:

1. მთლიანად მიდის ტრანზიტულად სამარაგო ავზში  $V=5000$  მ<sup>3</sup> (როდესაც რეაქტორები არ მუშაობს);
2. მთლიანად მიდის რეაქტორებში (როდესაც მოდინება ტოლია ან ნაკლებია რეაქტორების მიერ მოხმარებული ხარჯისა);
3. ნაწილი მიდის რეაქტორებში, ხოლო ნაწილი ხარჯისა ტრანზიტულად ჩაედინება სამარაგო ავზში (როდესაც

საც მოდინება მეტია მომუშავე რეაქტორების ჯერად ხარჯზე).

საჭიროა განისაზღვროს მანაწილებელ ჭაში დონე, როდესაც მოდინება არის მაქსიმალური და ა) რეაქტირები არ მუშაობს; ბ) მუშაობს ერთი რეაქტორი; გ) მუშაობს ორი რეაქტორი; დ) მუშაობს სამი რეაქტორი; ე) მუშაობს ოთხი რეაქტორი.

ჭაში მოსულ საერთო მაქსიმალურ ხარჯს ვიღებთ 200 მ<sup>3</sup>/სთ.

ამრიგად უნდა ვაინგარიშოთ სიმაღლე გამყვანი მილის ცენტრიდან წყლის დონემდე, როდესაც:

ა)  $Q = 200 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 0,0555 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ; ბ)  $Q = 200 - 50 = 150 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 0,042 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ; გ)  $Q = 200 - 100 = 100 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 0,027 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ; დ)  $Q = 200 - 150 = 50 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 0,0138 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ; ე)  $Q = 200 - 200 = 0 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 0 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ .

z-ს (იხ. ნახ. 2) იანგარიშება დიდი დიამეტრის ნაცმიდან დაუტბორავ არეში გამოდინების ხარჯის საანგარიშო ფორმულით [8]

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz} \quad (9)$$

სადაც  $\mu=0,65$  არის ხარჯის კოეფიციენტი;

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,28^2}{4} = 0,062 \text{ მ}^2$$

– გამყვანი მილის ცოცხალი კვეთის ფართობი,  $\text{მ}^2$ ;  $D$  - მილის

შიგა დიამეტრი, მ;  $z$  - საძიებო მანძილი მილის ცენტრიდან წყლის დონემდე შესაბამისი ხარჯისათვის, მ, რომელიც ფორმულიდან (9) გამომდინარე ტოლია

$$z = \frac{Q^2}{\mu^2 \cdot \omega^2 \cdot 2g} \quad (10)$$

განგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

Q, მ <sup>3</sup> /სთ	200	200-50=150	200-100=100	200-150=50
z, მ	0,06	0,035	0,015	0,005

გადანადენში სხვადასხვა ხარჯების გასატარებლად გამოწვეული დონის მერყეობა ჭაში, რეაქტორებში მისაწოდებელი ხარჯების დარეგულირებულ სიდიდეებზე გავლენას ვერ იქონიებს. კერძოდ, ერთი რეაქტორის მუშაობის დროს 50 მ<sup>3</sup>/სთ-ის ნაცვლად გაატარებს

$$\frac{(7,88 + 0,035) \cdot 50}{7,88} = 50,22 \text{ მ}^3/\text{სთ};$$

ორი რეაქტორის მუშაობის დროს გაატარებს

$$\frac{(7,88 + 0,015) \cdot 100}{7,88 \cdot 2} = 50,09 \text{ მ}^3/\text{სთ};$$

სამი რეაქტორის მუშაობის დროს გაატარებს

$$\frac{(7,88 + 0,005) \times 150}{7,88 \times 3} = 50,02 \text{ მ}^3/\text{სთ}.$$

მანაწილებელ ჭაში ნაკადის გადასართველი ფარის ზომები განისაზღვრება (10) ფორმულით. კერძოდ, წინასწარ ვუშვებთ ნახვრეტის ზომებს და ვსაზღვრავთ საჭირო ვარდნას, რომელიც გაატარებს 200 მ<sup>3</sup>/სთ ხარჯს.

ვუშვებთ ნახვრეტის ზომებს 0,4×0,4 მ, მაშინ ვარდნა

$$z_{\text{მ06}} = \frac{Q^2}{\mu^2 \cdot \omega^2 \cdot 2g} = \frac{0,0555^2}{0,65^2 \cdot 0,16^2 \cdot 19,62} = 0,02 \text{ მ}.$$

აღნიშნული სიდიდისა (გისოსში დანაკარგები უმნიშვნელოა) და რეაქტორებისაკენ მიმავალი მიმღები მილის ჩაყვინთვის სავალდებულო სიმაღლის (0,45 მ) ჯამის დონე არ უნდა ასცდეს სამარაგო ავზისაკენ გამყვანი

მილის შესასვლელის ძირის ნიშნულს, რათა არ მოხდეს რეაქტორებისაკენ მიმავალი ხარჯის შემცირება – დონის აწევა აღნიშნული ნიშნულის ზემოთ მოხდება იმ შემთხვევაში, თუ გვაქვს დებალანსი წყლის მოდინებასა და მომუშავე რეაქტორთა ჯამურ ხარჯებს შორის და ზედმეტი წყალი უნდა წავიდეს სამარაგო ავზში (რეზერვუარში). ამ პირობის დასაცავად საჭიროა გამყვანი მილის შესასვლელის ძირის ნიშნული მინიმუმ 0,03-0,04 მ-ით მაღლა განლაგდეს ანუ 48,13+0,45+0,04= 48,62 მ ნიშნულზე (იხ. ნახ. 2).

საცემენტაციო რეაქტორებში შემავალი წყლის ხარჯის რეგულირება გათვალისწინებულია შემდეგნაირად. როგორც ჰიდრაულიკურმა განგარიშებამ აჩვენა არსებული გეოდეზიური სიმაღლიდან (7,88 მ) 200 მ<sup>3</sup>/სთ (ოთხი რეაქტორის ერთდროული მუშაობისათვის) ხარჯის მისაწოდებლად საჭიროა 4,13 მ დაწნევა, ან უარეს შემთხვევაში 5,20 მ. დარჩენილი თავისუფალი დაწნევა უნდა დაიხარჯოს სარეგულაციო სისტემაში (საკვალთში). სარეგულაციოდ გათვალისწინებულია თითოეულ რეაქტორში შესვლამდე მილსადენებში ორ-ორი საკვალთის დაყენება (იხ. ნახ. 1). ერთი საკვალთით მოხდება საჭიროების შემთხვევაში რეაქტორის ჩართვა-გამორთვა (სრული გაღება-დაკეტვით). მეორე საკვალთით რეაქტორის სრულ ტექნოლოგიურ ციკლზე მუშაობის დროს დატარირდება მისაწოდებული ხარჯი, რომელიც შედარდება (საკონტროლოდ) ხარჯმზომის ჩვენებას. სარეგულაციო საკვალთის ხელის ხლება დატარირების შემდეგ დაუშვებელია. ამიტომ, რათა გამოირიცხოს შემთხვევითობა, საკვალთს უნდა მოეხსნას სახელური.

ამრიგად, ვირჩევთ II ვარიანტს, რომლის მიხედვითაც დამუშავდა მიღებული სატრანსპორტო სისტემის სამშენებლო-სამონტაჟო დოკუმენტაცია [2, 10].

## ლიტერატურა

1. Исследовать вопросы осушения бортов Маднеульского карьера с целью локализации деформации бортов в предельном контуре. Отчет НИР Унипромеда (Тема 7-86-15, раздел VII, кн. I). Свердловск, 1987.
2. მადნეულის კარიერის წყლებიდან სპილენძის ამოსაკრეფი საცემენტაციო სვეტების (რეაქტორების) თვითღონებით ჰიდრაულიკური კვებისა და რეგულირების ღონისძიებათა დამუშავება. საკვლევ-საპროექტო სამუშაო. სსიპ გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი. თბილისი, 2007. 29 გვ.
3. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. Стройиздат, Москва, 1972. 127 с.
4. Силагадзе В.А., Джангидзе М.В., Шавгулидзе Ш.В. Определение транспортирующей способности гидрозакладочных установок. В сб. «Горная электромеханика и транспорт». Мецниереба, Тбилиси, 1985. с. 84-87.

5. Инструкция по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта грунтов. ВНИИГ, Энергия, Ленинград, 1972. 32 с.
6. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Стройиздат, Ленинград, 1978. 424 с.
7. Шевелов Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбоцементных и пластмассовых труб. Стройиздат, Москва, 1970. 113 с.
8. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Госэнергоиздат, Москва, 1957. 352 с.
9. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. Недра, Москва, 1975. 303 с.
10. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов. Справочник проектировщика. Стройиздат, Москва, 1985. 304 с.

ДЖАНГИДZE M.B., СИЛАГАДZE B.A.,  
СТЕРЯКОВА С.И.  
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ САМОТЕЧНОГО  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ И  
РЕГУЛИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТАЦИОННЫХ  
РЕАКТОРОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ  
КИСЛЫХ ВОД АО «МАДНЕУЛЬСКОГО»  
КАРЬЕРА И ОТВАЛЬНОГО ПОДДОНА

JANGIDZE M., SILAGADZE V., STERIAKOVA S.  
DEVELOPMENT OF ACTIVITIES  
OF GRAVITY HYDRAULIC FEED AND  
REGULATION OF CEMENTATION  
REACTORS FOR EXTRACTION OF COPPER  
FROM ACID WATER OF JSC "MADNEULI"  
CAREER AND DUMP PALLET

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрены возможные варианты системы подачи воды в самотечном режиме от распределительного колодца, находящегося на трассе гидротранспортной системы для подачи кислых вод АО «Маднеульского» карьера и отвального поддона из верхнего сооружения в запасном резервуаре, до цементационных реакторов, размещенных в главном корпусе обогатительной фабрики. На основе гидравлических расчетов выбран наилучший вариант трассы и определены основные характерные параметры транспортной системы. С целью обеспечения устойчивой работы необходимых количеств цементационных реакторов проведены гидравлические расчеты распределительного колодца. Решен вопрос регулирования расхода входящей воды в цементационных реакторах. На основе проведенных исследований и расчетов разработана строительно-монтажная документация принятой транспортной системы.

**ABSTRACT:** The article discusses possible options for a gravity-fed water supply system from a distribution well located on the route of the hydrotransport system for acidic water supply of JSC «Madneuli» open pit mine and the dump pan from the main structure in a reserve tank to cementation reactors located in the main building of the processing plant. Based on hydraulic calculations, the best route option was selected and the main characteristic parameters of the transport system were determined. In order to ensure stable operation of the required quantities of cementation reactors, hydraulic calculations of the distribution well were carried out. The issue of regulating the flow of incoming water in cementation reactors has been resolved. Based on the studies and calculations, the construction and installation documentation of the adopted transport system was developed.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гидротранспортная система; самотечный режим; запасной резервуар; распределительный колодец; цементационный реактор; пластмассовая труба; трубопроводная трасса; линейные потери напора; местные потери напора.

**KEY WORDS:** hydrotransport system; gravity mode; spare tank; distribution chamber; cementation reactor; plastic pipe; pipeline trace; linear pressure loss; local pressure loss.

აპად. დოქტორი მ. ნადირაშვილი, აპად. დოქტორი ი. ვარშანიძე,  
მაგისტრი თ. იაშვილი, მ. გინაშვილი  
აფეთქავის პროცესების მიმდინარეობის

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია ჯაჭვური პროცესის სახით მიმდინარე აფეთქების მექანიზმები. ნაჩვენებია ძირითადი განმასხვავებელი ფაქტორები დარტყმითა და დეტონაციურ ტალღებს შორის. განხილულია ახლებური, საინტერესო მიდგომა სტანდარტული ფეთქებადი ნივთიერებების აფეთქების მექანიზმში, რომლის ავტორი გვევლინება აღნიშნული პროცესის აგრეთვე ჯაჭვურად მიმდინარეობის მომხრედ, ეყრდნობა რა ფეთქებადი ნივთიერებებში არსებული „რეზონანსული“ ელექტრონების მონაწილეობას ჯაჭვური პროცესისთვის აუცილებელი აქტიური ნაწილაკების როლში.

**საკვანძო სიტყვები:** აფეთქება; ჯაჭვური რეაქციები; ფეთქებადი ნივთიერებები; დარტყმითი ტალღა; დეფლავაცია; დეტონაციის ტალღა; ატომური და თერმობირთული პროცესები.

ზოგადად, აფეთქება არის ნივთიერებაში ან გარემოში მიმდინარე უსწრაფესი პროცესი, რომელსაც თან ახლავს უდიდესი ენერჯის მყისიერი გამოყოფა.

აფეთქების მექანიზმი ფიზიკისა და ქიმიის კანონების ხარჩობაში ვდება.

თუ აფეთქების დროს მომხდარ ცვლილებებს, გარემოს ნივთიერების შეცვლა არ ხდევს თან, საქმე გვაქვს ფიზიკურ მოვლენასთან, კერძოდ - ფიზიკურ აფეთქებასთან. ასეთებია, ორთქლის ქვების ან შეკუმშული აირის ბალო-

ნის აფეთქება, ელექტრონული განმუხტვა ატმოსფეროში, მიწისძვრა, დიდი მეტეორიტების ჩამოვარდნა და ა. შ.

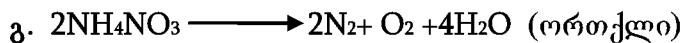
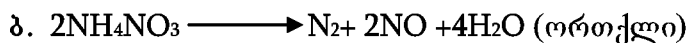
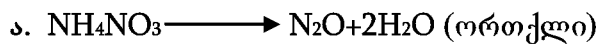
როდესაც აფეთქებას თან ახლავს ნივთიერების შეცვლა, ეს ქიმიური მოვლენაა და მას, შესაბამისად, ქიმიურ აფეთქებას ვუწოდებთ.

ქიმიური აფეთქება არის სწრაფად მიმდინარე ეგზოთერმული ქიმიური პროცესი, რომელიც დიდი ენერჯისა და მაღალი წნევის მქონე გავარვარებული აირების გამოყოფით მიმდინარეობს. აქ, როგორც ყოველი ქიმიური რეაქციისას, გვაქვს საწყისი ნივთიერება-ფეთქებადი ნივთიერების (ფნ) სახით, რეაქციის შესაბამისი პირობები და საბოლოო პროდუქტები - დიდი ოდენობით აირები.

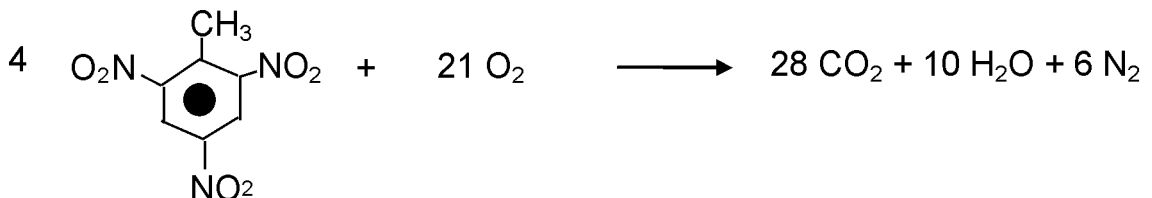
აფეთქების ამ ტიპს ეკუთვნის პრაქტიკაში გამოყენებული ყველა ფნ-ის აფეთქებითი გარდაქმნა.

ჩვეულებრივ, აფეთქების ინიცირებას ახდენენ ფნ-ების ერთ ნაწილში, შემდეგ პროცესი გრძელდება და სწრაფად მთავრდება ინიცირებისას გამოყოფილი ენერჯის ხარჯზე.

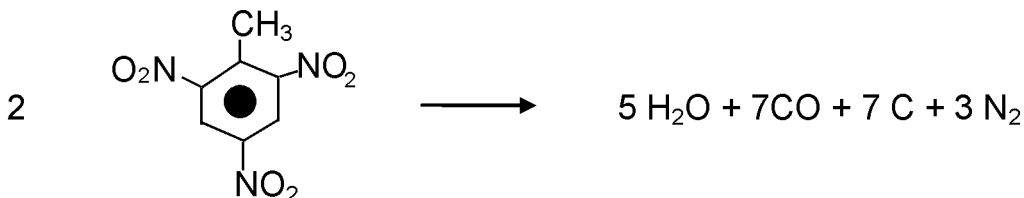
საჭიროა აღინიშნოს, რომ რეაქციის პირობების შესაბამისად, ერთი და იგივე ფნ-მ შეიძლება განიცადოს სხვადასხვანაირი გარდაქმნა. მაგალითად, საკმაოდ ძლიერი ფნ-ამონიუმის გვარჯილა 170 C-ზე იშლება აზოტის ოქსიდის გამოყოფით (ა). უფრო მაღალ ტემპერატურაზე ნელი დაშლა გადადის დეფლავაციაში, რასაც თან ახლავს მოყვითალო ალის გაჩენა (ბ), ხოლო „მრგვინავი“ ვერცხლისწყლის კაფსულის გამოყენებით ხდება დეტონაცია (გ), [1]:



იგივე შეიძლება ითქვას ტროტილის შესახებაც. საყოველთაოდ ცნობილი ეს ფნ, იწვის ყვითელი ალით, რეაქცია კი ასე გამოისახება:



ტროტილის აფეთქებისას რასაც ეგზოგენური ჟანგბადი არ სჭირდება, რეაქციის პროდუქტების რაობაც და რაოდენობაც იცვლება:



ფენები წარმოადგენენ წონასწორულ მდგომარეობაში მყოფ წვის უნარის მქონე და დამჟანგავი ელემენტების ერთობლიობას, რომლებიც მიიღება სინთეზის გზით, და გამოიყენება ქიმიური ნაერთის ან მექანიკური ნარევის სახით.

ფენების აფეთქების პროცესი მოიცავს ორ სხვადასხვა ეტაპს: 1. ნივთიერების შინაგანი ენერჯის გადასვლას შეკუმშული აირების ენერჯიაში და 2. შეკუმშული აირების გაფართოებას. როგორც წესი, გაფართოების პროცესში კუმშვის პოტენციური ენერჯია გადადის მექანიკურ მუშაობაში და მოძრაობაში მოჰყავს გარემო. როდესაც წარმოშობილი დამაბულობის ძალები აღემატება გარემოს სიმტკიცის ზღვრულ სიდიდეს, შედეგად ხდება მისი ერთიანობის რღვევა.

თერმულ დაშლას განიცდის ყველა ფენ ხანგრძლივი შენახვის პირობებში, რა დროსაც, ქიმიური გარდაქმნის ნელი პროცესი ერთდროულად მიმდინარეობს ნივთიერების მთლიან მოცულობაში, ხოლო გამოყოფილი სითბო კი გადაეცემა გარემოს. თერმული რეჟიმის დარღვევის შემთხვევაში ხდება ფენის გახურება აალების ტემპერატურამდე და თერმული დაშლის პროცესი გადადის დეფლაგრაციაში.

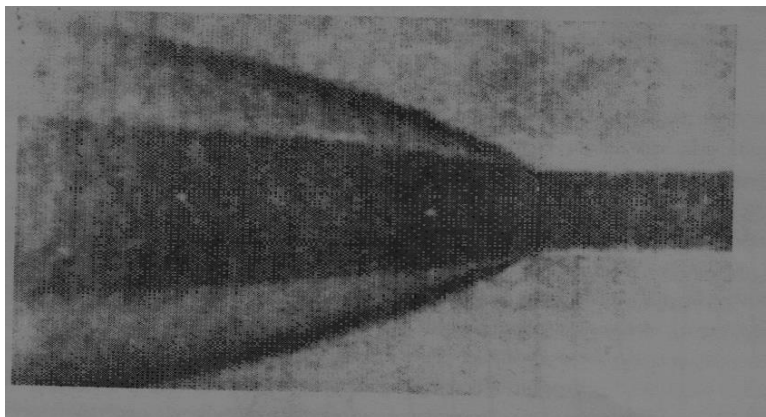
დეფლაგრაციული წვით გარდაქმნის დროს ნივთიერებაში ენერჯის გადაცემა ხორციელდება სითბოგამტარობის ხარჯზე, რაც ბევრით სიჩქარეზე დაბალი, გარემოს წნევაზე დამოკიდებული ცვლადი სიჩქარით მიმდინარეობს. რეაქცია ეგზოთერმულია და თვითგააჩქარებადი. დეფლაგრაცია ხორციელდება მაშინ, როდესაც ნივთიერებაში იქმნება წვის უნარის მქონე და დამჟანგავი ელემენტების ურთიერთრეაგირების საუკეთესო პირობები. ამ დროს წვა და სითბოს გამოყოფა მიმდინარეობს იმდენად

სწრაფად, რომ ნივთიერებაში წარმოიქმნება დარტყმითი ტალღა. წნევა გარემოში წარმოიშვება მხოლოდ უმცირესი წინაღობის მიმართულებით. შესაბამისად, გარდაქმნის პროდუქტების მიერ გარემოს მიმართ მუშაობის შესრულება არ ხდება. გარკვეულ პირობებში, მაგალითად, დახურულ სივრცეში, ფენის პროგრესული წვის ან ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით ნივთიერების წვის პროცესები, შესაძლებელია წარიმართოს აფეთქებით, თუმცა დეტონაციის ტალღა ამ შემთხვევებში არ წარმოიქმნება. მაგალითად, გასროლის პროცესში ქვემეხის ლულაში დენტის აფეთქებით წვას, არ ახლავს დეტონაცია.

დეტონაციის წარმოქმნის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობა ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნის სიჩქარეა. დადგენილია, რომ იგი ზეგვერდითი სიჩქარეა. დეტონაცია აფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნის ბუნებრივი სახეა. ფენების გარდაქმნის სხვა დანარჩენი ფორმები მათთვის არაატიპურია. ნივთიერებათა ქიმიური გარდაქმნის მხოლოდ ზოგიერთი სახე მიმდინარეობს დეტონაციით (იხილეთ ამონიუმის გვარჯილის ქიმიური გარდაქმნის შემთხვევაში მოყვანილი მაგალითი), რასაც მისთვის დამახასიათებელი ეფექტები ახლავს თან.

ზოგჯერ ტერმინები „დეტონაცია“ და „აფეთქება“ გამოიყენება როგორც სინონიმები. ამის მიუხედავად, ამ ორი პროცესის გაიგივება არ შეიძლება, რადგან დეტონაცია არის თვით ფენ-ში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნის სწრაფი პროცესი, რასაც თან სდევს აფეთქება. აფეთქების ისეთი სახე, როგორიცაა ფიზიკური აფეთქება, დეტონაციის გარეშე მიმდინარეობს.

ქვემოთ მოცემულია დეტონაციის ტალღის სტრუქტურული მოდელი და მისი სწრაფი ფოტოგრაფირების მეთოდით გადაღებული სურათი:

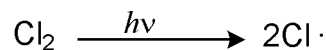


გარკვეული ჯგუფი ქიმიური რეაქციებისა ე.წ. „ჯაჭვური“ მექანიზმით მიმდინარეობს. ასეთებია: ჰალოგენწყალბადების სინთეზი ჰალოგენების (Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>) წყალბადთან ურთიერთ-ქმედებით, წყალბად-ჟანგბადის ნარევის, ანუ „მგრვინავი აირის“ აფეთქება, ბენზინის ნახშირწყალბადების გარდაქმნა შიდაწვის ძრავაში და ა.შ.

**ჯაჭვური რეაქცია**, ეს ისეთი რეაქციაა, რომლის მიმდინარეობისას საწყისი ნივთიერებები შედიან გარდაქმნათა ჯაჭვში, შუალედური აქტიური ნაწილაკების მონაწილეობითა და მათი რეგენერაციით, რეაქციის ყოველი

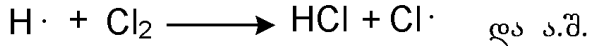
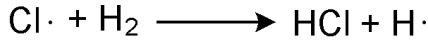
ელემენტარული აქტის დროს.

ჯაჭვური პროცესის კლასიკური მაგალითია ელემენტებისაგან ქლორწყალბადის სინთეზის რეაქცია. საწყის ეტაპზე, ენერჯის უმცირესი ულუფის - ერთი ფოტონის შთანთქმით, ხდება ქლორის მოლეკულის **ფოტოლიზი** [2]:

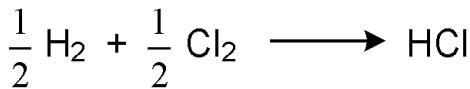


ქლორის აქტიური რადიკალი ხლენს წყალბადის

მოლეკულას და ქლორწყალბადის მოლეკულასთან ერთად წყალბადის აქტიურ რადიკალსაც იძლევა, რომელიც თავის მხრივ, აგრძელებს ჯაჭვს HCl-ის მოლეკულისა და აქტიური ქლორის წარმოქმნით:



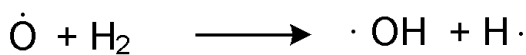
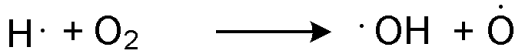
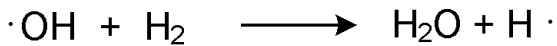
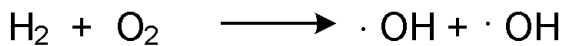
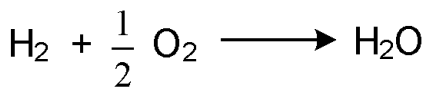
შეჯამებული რეაქცია ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



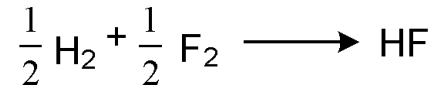
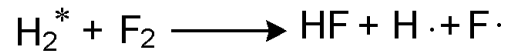
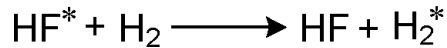
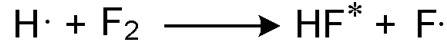
ჯაჭვის „რგოლების“ რაოდენობამ შეიძლება ასეულობით ათასს მიაღწიოს. სხვა სიტყვებით, ერთ ფოტონს შეუძლია ამ რაოდენობის ქლორწყალბადის მოლეკულების წარმოქმნა. ჯაჭვის გაწყვეტა ხდება აქტიური ნაწილაკების ერთმანეთთან რეკომბინაციით ან ჭურჭლის კედლებზე დეზაქტივაციით.

როგორც რეაქციის განტოლებები გვიჩვენებს, ერთი აქტიური ნაწილაკი გვძლევს ერთ მოლეკულა ქლორწყალბადს და არაუმეტეს ერთ აქტიურ ნაწილაკს. ასეთ ჯაჭვურ რეაქციებს **არაგანშტოებული** ეწოდება.

გასული საუკუნის ოციან წლებში, საბჭოთა ნობელიანტმა მეცნიერმა, ნ. სემიონოვმა წამოაყენა **განშტოებული** ჯაჭვური რეაქციების კონცეფცია, რომელთა მიმდინარეობისას საწყისი ნივთიერების მოლეკულასთან აქტიური ნაწილაკების ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება არა ერთი, არამედ ორი ან მეტი ახალი აქტიური ნაწილაკი. ერთი მათგანი აგრძელებს „ძველ“ ჯაჭვს, ხოლო სხვები - ახალი ჯაჭვების ინიცირებას ახდენენ. აღნიშნული მექანიზმებით მიმდინარეობს ნახსენები „მგრვინავი“ აირის აფეთქებითი გარდაქმნა:



ანალოგიურია წყალბადისა და ფტორის ურთიერთქმედების მექანიზმი. აქტიური ნაწილაკების წარმოქმნის ერთ-ერთი ვარიანტი, რომელშიც ფტორწყალბადისა და წყალბადის გააქტივებული მოლეკულები ფიგურირებენ, აგრეთვე, შეჯამებული რეაქცია, შეიძლება ასე გამოვსახოთ:



უნდა აღინიშნოს, რომ ისეთი უმნიშვნელოვანესი ქიმიური რეაქციები, როგორცაა შიდაწვის ძრავაში მიმდინარე პროცესები, ანუ ალკანების აფეთქებითი გარდაქმნა, აგრეთვე განშტოებულ ჯაჭვურ რეაქციებს მიეკუთვნება.

ამრიგად, დროის უმცირეს მონაკვეთში, აქტიური ნაწილაკების პროგრესირებადი მატება იწვევს ახალი ჯაჭვების რაოდენობის ზევისებურ ზრდას, რასაც უძლიერესი აფეთქების ეფექტი აქვს. ეს შეიძლება შევადაროთ ბუნებრივი ქვათაცვენის უმართავ პროცესს, რომელიც ერთი კენჭის დაგორებითაც კი შეიძლება დაიწყოს.

XX ს. I ნახევარში მეცნიერებამ შეძლო ბირთვული ენერჯის საიდუმლოებაში ჩაწვდომა - დაიწყო ატომური ერა. ამ მხრივ, საინტერესოა ურანის ატომბირთვის გახლეჩის ისტორია.

1896 წელს ფრანგი ანრი ბეკერელის მიერ რადიოაქტივობის აღმოჩენა ბირთვული ენერჯის დაუფლებისაკენ გადადგმული პირველი ნაბიჯი იყო.

ე. რეზერფორდის მოწაფის ჯეიმს ჩედვიკის მიერ 1932 წელს აღმოჩენილი ნეიტრონი არის გასაღები, რომლითაც ბუნების მიერ ატომის ბირთვში „დამალული“ ენერჯის ციტადელში შეღწევა გახდა შესაძლებელი. ამ მეცნიერულ ლაშქრობაში მსოფლიოს უპირველესი სწავლულები იყვნენ ჩაბმულნი - აინშტაინი, ფერმი, ბორი, კიურების ოჯახი... ბირთვული, ანუ რადიოქიმიის, ბირთვულ ფიზიკასთან ერთად გადაიქცა მეცნიერების უმნიშვნელოვანეს სფეროდ, ხოლო ალქიმიკოსების საუკუნოვანი ოცნება - ქიმიური ელემენტების შექმნა - რეალობად.

ხელოვნური რადიოაქტივობის აღმოჩენამ მეცნიერებს გაუჩინა რწმენა, რომ ატომბირთვის ნეიტრონებით ბომბარდირებისას, მასით ახლომდგომი ახალი ელემენტები უნდა შექმნილიყო. შესაბამისად, ურანიდან ტრანსურანული ელემენტების წარმოქმნა იყო მოსალოდნელი. ეს, ასეც ხდება, თუ რეაქციაში მაღალი ენერჯის ნეიტრონებს გამოიყენებენ.

თვისობრივად განსხვავებულ მოვლენასთან გვაქვს საქმე ურანის „ნელი“, ანუ სითბური ნეიტრონებით ბომბარდირებისას. 1934 წელს, ენრიკო ფერმის მიერ განხორციელებული ეს პროცესი დიდი ენერჯის გამოყოფით წარიმართა. ანალოგიური შედეგები მიიღეს ოტო ჰანის ჯგუფმა გერმანიაში და ირენ და ფრედერიკ ჟოლიო-კიურებმა საფრანგეთში. ყველამ შენიშნა ნეიტრონის მოქმედების ეფექტი, თუმცა პროცესის მექანიზმი აუხსნელი დარჩა.

ფერმის ექსპერიმენტებიდან მცირე ხნის შემდეგ, გერმანელმა მეცნიერებმა იდა და ვალტერ ნოდაკებმა ივარაუდეს, რომ ნეიტრონის ზემოქმედებისას უნდა ხდებ-

ბოდეს ურანის ატომბირთვის ორ „ნატეხად“ - ცნობილი, შედარებით მსუბუქი ელემენტების იზოტოპებად გაყოფა. ეს ვერსია, ცხადია, გამორიცხავს პერიოდულ სისტემაში ურანის მეზობლების - ტრანსურანული ელემენტების წარმოქმნას.

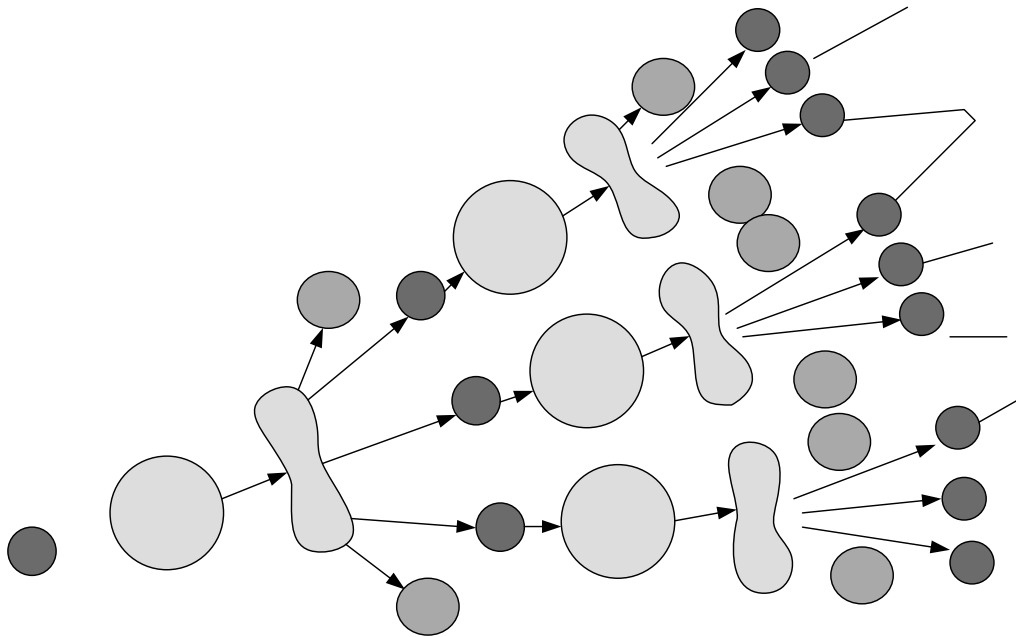
ფიზიკოსებმა, პირველ რიგში - ფერმიმ, ეს ჰიპოთეზა არ გაიზიარეს: დაუჯერებელი ჩანდა ნელი ნეიტრონის მიერ იმ ბირთვის გახლეჩა, რომელიც მილიონობით ელექტრონვოლტამდე აჩქარებული ნაწილაკებით ბომბარდირებას უძლებდა. ასე გაგრძელდა 1938 წლის ბოლომდე, ვიდრე იმავე ოტო ჰანმა, რადიაციული ქიმიის უბადლო სპეციალისტმა, წერტილი არ დაუსვა ამ გაურკვევლობას - სკრუპულოზური ექსპერიმენტებით მან აღმოაჩინა, რომ ნეიტრონი ურანის ატომბირთვს ორად - ბარიუმისა და კრიპტონის ატომბირთვებად ყოფს. შესაძლებელია სხვა იზოტოპური წყვილების წარმოქმნაც. ურანის ატომბირთვის პროტონები გადანაწილდება „შვილობილ“ ატომებზე.

პროცესს თან ახლავს უდიდესი ენერჯის გამოთავისუფლება, რაც მილიონჯერ მეტია ვიდრე მანამდე ცნობილი ყველა სხვა სახის ენერჯია. ურანი, როგორც ენერჯის წყარო 2000000-ჯერ აჭარბებს ჩვეულებრივ

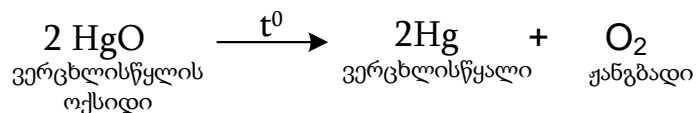
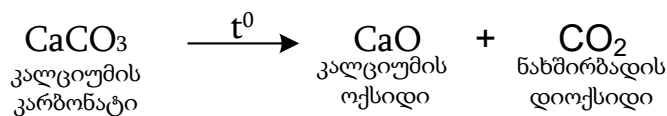
ნახშირს. ურანის ეს თვისება დაელო საფუძვლად რობერტ ოპენჰაიმერის ჯგუფის მიერ, ამერიკაში, ატომური ბომბის შექმნას, რომელიც 1945 წ. 16 ივლისს ნიუ-მექსიკოს უდაბნოში გამოსცადეს.

ჰანის აღმოჩენიდან ორიოდე თვის შემდეგ კოლუმბიის უნივერსიტეტში, ფიზიკური საზოგადოების სხდომაზე, არასაპროგრამო რეჟიმში (!) განიხილებოდა საკითხი ურანის ატომების გახლეჩის შესახებ. მომხსენებლებმა, ნილს ბორმა და ენრიკო ფერმიმ გაოცებულ მსმენელებს განუმარტეს ამ უდიდესი აღმოჩენის თეორიული საფუძვლები და პერსპექტიულობა. სწორედ იმ სხდომაზე წარმოთქვა ფერმიმ ის ორი სიტყვა, რომლებსაც სამუდამოდ უნდა შეეცვალა ადამიანთა ბედი: „ჯაჭვური რეაქცია!“ [3].

ურანის ყოველი ატომი გახლეჩისას გამოყოფს სულ ცოტა ორ ან სამ ნეიტრონს მაინც. სამი ნეიტრონი გახლეჩს ურანის სამ ატომს, რომლებიც თავის მხრივ იძლევიან ცხრა ნეიტრონს. ეს უკანასკნელნი ხლეჩენ ცხრა სხვა ატომს 27 ნეიტრონის ამოტყორცნით და ა.შ. - გეომეტრიული პროგრესიით. ეს ხდება წამის უმცირეს ნაწილში, შედეგად კი გამოიყოფა უზარმაზარი ენერჯია:



შეიძლება თუ არა, საერთო მოიძებნოს ქიმიური დაშლის რეაქციებსა და ურანის ატომის გახლეჩვას შორის?! ცხადია, შეიძლება. მოვიყვანოთ ქიმიური დაშლის ორი მაგალითი:





პირველ შემთხვევაში, კარბონატის ერთი მოლეკულისაგან ორი რთული ნივთიერების თითო მოლეკულა წარმოიქმნება. მეორე შემთხვევაში კი - რთული ნივთიერების მოლეკულებიდან მარტივი ნივთიერების ატომები მიიღება (ჟანგბადის ატომები წვევლ-წვევილად რეკომბინირდება). ანალოგიური რამ ხდება გამლღვალი მარილების ელექტროლიზის დროს.

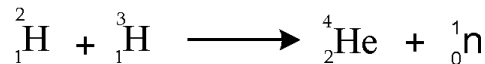
ურანის ატომბირთვის დაშლა თვისობრივად განსხვავებული, თუმცა, პრინციპულად დაშლის ტიპური რეაქციაა ატომბირთვულ დონეზე: აქ ერთი მძიმე ატომბირთვისაგან (ურანი) დაშლის შედეგად ორი მარტივი ნივთიერების (ბარიუმი, კრიპტონი) ატომები მიიღება. შესაბამისად, ურანის აფეთქება, უეჭველად, ქიმიურ დაშლას, ანუ ქიმიურ აფეთქებას მიეკუთვნება.

იგივე მექანიზმი არეგულირებს ე.წ. **თერმობირთვულ** პროცესებსაც. ურანისა და სხვა მძიმე ატომბირთვების

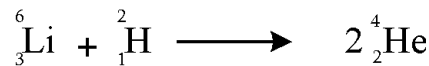
გაყოფისაგან განსხვავებით, აქ განუზომლად დიდი ენერჯიის წარმოქმნას განაპირობებს მაღალ ტემპერატურებზე მსუბუქი ატომბირთვების შერწყმის, ანუ **სინთეზის** რეაქციები.

მზის ენერჯიის შესახებ პირველი მეცნიერული ჰიპოთეზა ეკუთვნის ავსტრიელ ფრიც ზოუტერმანსს. მან დაუშვა, რომ მზის ენერჯიის წყარო, მის წიაღში მიმდინარე პროცესები იყო და იგი არ უნდა ყოფილიყო ჩვეულებრივი წვის რეაქცია. ზოუტერმანსის აზრით, მილიონობით წლის მანძილზე მზის „უღვევი“ ენერჯიის წყარო შეიძლება ყოფილიყო მსუბუქი ატომბირთვების ურთიერთგარდაქმნის რეაქციები. ცხადია, მას ფიქრადაც არ მოუვიდოდა ის, რომ მისი ჰიპოთეზიდან გამომდინარე, ოცდახუთიოდე წლის შემდეგ მეცნიერები შექმნიდნენ ე.წ. „წყალბადის ბომბს“ და თერმობირთვული ცეცხლის ავიზიზებას მოახდენდნენ [4].

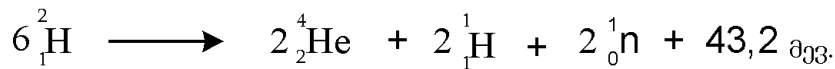
1. დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის შერწყმა:



2. ლითიუმისა და დეიტერიუმის შერწყმა



3. ორი დეიტერიუმის შერწყმა (შეჯამებული რეაქცია):



აღსანიშნავია, რომ მსოფლიო ოკეანეში ყოველ 6800 ატომ პროტიუმზე ( ${}^1_1\text{H}$ ) მოდის ერთი დეიტერიუმი (0.0147 %). წყლიდან დეიტერიუმის მიღების ტექნოლოგია კარგადაა დამუშავებული. ამიტომაც, წყალბადის ეს იზოტოპი ითვლება ენერგეტიკული პრობლემის გადაჭრის მნიშვნელოვან შესაძლებლობად.

წყალბადის ბომბის აფეთქება - ესაა უმართავი თერმობირთვული სინთეზი. აქ „საწვავად“, ჩვეულებრივ, ლითიუმის დეიტერიდს იყენებენ. ასეთი ტიპის სინთეზის დაწყებას მილიონ გრადუსამდე ტემპერატურა სჭირდება, რაც ჩვეულებრივი ატომური ბომბის აფეთქებით მიიღწევა. წყალბადის ბომბის აფეთქების დროს წამის რამდენიმე მემილიონედ ნაწილში გამოიყოფა ენერჯიის განუზომლად დიდი რაოდენობა. ამიტომ ასეთი ტიპის იარაღს უდიდესი დამანგრეველი ძალა გააჩნია.

თერმობირთვული აფეთქებაც, ზემოხსენებული მსჯელობის მიხედვით, ქიმიურ აფეთქებას უნდა მივაკუთვნოთ.

ამრიგად, ჰალოგენწყალბადების სინთეზიც, „მერკვიანავი აირისა“ და მოტორული საწვავის აფეთქებაც, ურანისა და სხვა მძიმე ატომბირთვების ვახლეჩაც და თერმობირთვული სინთეზიც, ჯაჭვური მექანიზმით მიმდინარეობს.

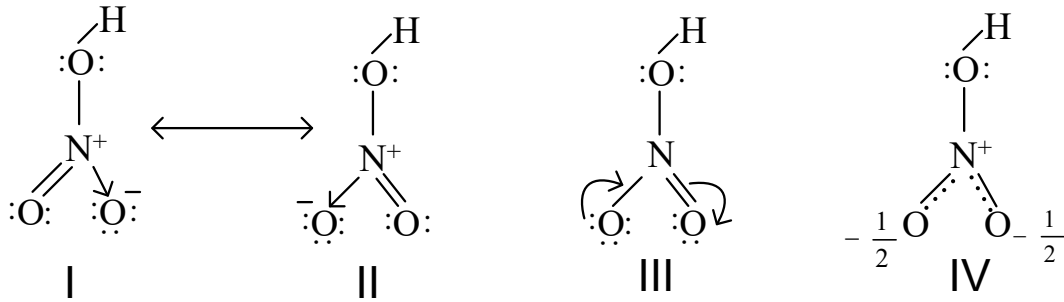
ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ დეტონაციას ყოველთვის ახლავს აფეთქება, ხოლო ყველა აფეთქება დეტონაციით არ მიმდინარეობს. ფნ-ებში დეტონაციის ტალღის სიჩქარე რამდენჯერმე აჭარბებს დარტყმითი ტალღის

სიჩქარეს. თანამედროვე ექსპერიმენტული ტექნიკა ცალსახად ამტკიცებს ამ ორი მოვლენის თვისებრივი განსხვავების არსებობას. თანამედროვე კლასიკური კონცეფცია ვერ იძლევა პასუხს შეკითხვაზე - რა არის იმის მიზეზი, რომ ერთიდაიგივე წვის ხვედრითი სითბოს ქონე ფნ ერთ შემთხვევაში აფეთქებით წვას განიცდის, ხოლო მეორეში - დეტონირებს? დარტყმითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე მნიშვნელოვნად იზრდება ტემპერატურის და წნევის გაზრდისას, თუმცა დეტონაციური ტალღებისთვის ეს ასე არ არის - ფნ-ს მოცემული სიმკვრივის ნიმუშისათვის, დეტონაციური ტალღის სიჩქარე არ არის დამოკიდებული ტემპერატურასა და წნევაზე და წარმოადგენს კონსტანტას მოცემული ფნ-სათვის. სხვა სიტყვებით, დეტონაციის ტალღის ბუნება დარტყმითი ტალღის ბუნებისაგან თვისებრივად განსხვავებულია. სწრაფი კინოგადაღება აჩვენებს, რომ დეტონაციის კერები ჩნდება სრულიად თვითნებურად სივრცესა და დროში.

რამდენიმე წლის წინ, ინტერნეტსივრცეში გამოჩნდა სტატია [5], რომელშიც ავტორი დეტონაციის კლასიკურ ასნას ეჭვქვეშ აყენებს. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ჩვეულებრივი ფნ-ებისათვის დამახასიათებელი დეტონაციის მოდელის პროტოტიპად გამოყენებული უნდა იქნას ჯაჭვური რეაქცია ბირთვული აფეთქებისას. ანალოგიური პროცესები, ავტორის აზრით, ხდება ჩვეულებრივ ფნ-ებშიც, ოღონდ არა ბირთვულ დონეზე, არამედ - მოლეკულურზე. აქ, იმ აქტიური ნაწილაკების როლში, რომელთა მეშვეობითაც გრძელდება ფნ-ების მოლეკულათა დაშლა,

გამოდან ე.წ. „რეზონანსული“ ელექტრონები, რომლებიც წინა დაშლის დროს ამოიტყორცნებიან.

აღნიშნული მოდელის გასააზრებლად შეიძლება დავსვათ კითხვა: ჰომოგენური ფნ-ების მოლეკულების დაშლის დროს თუ ენერგია გამოიყოფა, რატომ არ იშლებიან ისინი ყოველგვარი ინიცირების გარეშე? ანუ,



I და II ფორმულებში აზოტის ატომი შეერთებულია ერთ-ერთ ჟანგბადატომთან ორმაგი კავშირით, ხოლო მეორესთან - კოორდინაციული ანუ დონორ-აქცეპტორული ბმით, რომელშიც ორივე ელექტრონი ეკუთვნის აზოტს. ამ ორი ბმის სიგრძე ერთმანეთისაგან განსხვავებულია: N=O ბმა უფრო მოკლეა, ვიდრე N→O. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ სინამდვილეში ორივე ბმა ერთმანეთის ტოლია (1.22 0). გარდა ამისა, სათანადო გაზომვები გვიჩვენებს, რომ აზოტი და სამი ჟანგბადატომი ერთ სიბრტყეზე მდებარეობს.

I და II სტრუქტურები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან π-ბმის ელექტრონების და σ-ბმის წარმომქმნელი აზოტის გაუზიარებელი ელექტრონების წყვილის მდებარეობით. იმის დაშვებაც არ არის გამორიცხული, რომ I სტრუქტურაში კოორდინაციულად დაკავშირებული ჟანგბადის ერთ-ერთი გაუზიარებელი ელექტრონული წყვილი შეიძლება გადაიტყოს π-ბმად, თუკი, არსებული π-ბმის ელექტრონები, სინქრონულად, მეორე ჟანგბადატომის გაუზიარებელ ელექტრონულ წყვილად მოგვეკვლინებინა. ელექტრონების გადანაცვლების ეს პროცესია ასახული III სტრუქტურით, რომელშიც II სტრუქტურის I-ში გადასვლაა ასახული.

ცხადია, I და II სტრუქტურები არა ორ სხვადასხვა ნივთიერებას ასახავს, არამედ - ერთსა და იმავეს. ისინი გვიჩვენებენ არ არსებულ ჰიპოთეტიურ მდგომარეობებს, როდესაც ელექტრონები თითქოს სრულად არიან გადანაცვლებული ე.წ. ზღვრულ სტრუქტურებში. სტრუქტურა, რომელიც რეალურ მდგომარეობას ასახავს, შეიძლება გამოიხატოს აღნიშნული ორი ფორმულის ზედღებისას, ანუ IV ფორმულით, საიდანაც ჩანს, რომ π-ელექტრონული წყვილი არა ერთ-ერთს, არამედ ორივე აზოტ-ჟანგბადის ბმას ეკუთვნის. მასში კარგადაა ასახული აზოტ-ჟანგბადის ორივე ბმის ექვივალენტურობა. რაც შეეხება ორ ჟანგბადატომზე გადანაწილებულ უარყოფით მუხტს, ესეც პირობითობაა, რომელიც რეზონანსის მოვლენით აიხსნება. ის ფაქტი, რომ ორივე N-O ბმის სიგრძე ერთიდაიგივეა, მიუთითებს იმაზე, რომ მარტივი, ანუ σ - ბმებისაგან განსხვავებით ორმაგი, ანუ π - ბმა არ არის ლოკალიზებული ერთ-ერთ N-O -

რა განაპირობებს აღნიშნული მოლეკულების მდგრადობას? ამ კითხვაზე პასუხს იძლევა ქიმიურ ნივთიერებებში რეზონანსის კონცეფცია, რომელიც ეკუთვნის გამოჩენილ ამერიკელ ქიმიკოსს, ორგზის ნობელიანტს, ლაინუს პოლინგს. მოკლედ განვიხილოთ ამ თეორიის არსი აზოტმჟავას მოლეკულის (HNO<sub>3</sub>) მაგალითზე:

ბმაზე, არამედ იგი განიცდის სწრაფ „ოსცილაციას“ - „გადასვლა-დაბრუნებას“ N-O - ბმებს შორის, ანუ ის დელოკალიზებულია. ასეთ მოვლენას ქიმიაში შეუდლებას უწოდებენ. ლ. პოლინგი ამ მოვლენას რეზონანსს უწოდებს.

შესაბამისად, ამ პროცესში მონაწილე π-ელექტრონებს, რეზონანსულს უწოდებთ.

ამრიგად, რეზონანსის მოვლენის თეორიული საფუძველი არის შემდეგი დებულება: თუ ნივთიერების მოლეკულების ან იონების აგებულება შეიძლება გამოიხატოს რამდენიმე სტრუქტურული ფორმულით, რომლებიც მათში ელექტრონული წყვილების განლაგება-განაწილებით განსხვავდებიან, მაშინ ასეთი მოლეკულების რეალური ელექტრონული და გეომეტრიული აგებულება არ შეესაბამება არც ერთ დასახელებულ სტრუქტურას - იგი იკავებს მათ შორის შუალედურ მდგომარეობას.

და ბოლოს, არ იქნება გადაჭარბებული, თუ ვიტყვით, რომ ავტორისეული კონცეფცია, ჩვეულებრივი ფნების დეტონაციის შემთავაზებული მოდელისა, საკმაოდ თამამი და პრეტენზიულია, რომელსაც, ცხადია, არსებობის უფლება აქვს. სათანადო თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების საფუძველზე აღნიშნული იდეის დადასტურების შემთხვევაში, კიდევ ერთხელ გაესმება ზაზი საყოველთაოდ მიღებულ ჭეშმარიტებას, იმის შესახებ, რომ სამყარო ერთიანია და მსგავსი კანონზომიერებებით იმართება.

## ლიტერატურა

1. Нениценку К. Общая химия, Мир, Москва, 1968. 425 с.
2. Глинка Н. Л. Общая химия, Изд. Химия, Москва, 1975. с. 178-179.
3. Лоуренс У. Л. Люди и атомы. Атомиздат. Москва, 1967. 24 с.
4. რ. იუნგი. ათასი მზის ელვარებით, თბილისი, 1977. 37 გვ.
5. <http://newfiz.narod.ru>

NADIRASHVILI M., VARSHANIDZE I., IASHVILI T.,  
BEINASHVILI G.  
MECHANISM OF EXPLOSIVE PROCESSES

НАДИРАШВИЛИ М.Д., ВАРШАНИДЗЕ Я.З.,  
ИАШВИЛИ Т.Т., БЕИНАШВИЛИ Г.Г.  
МЕХАНИЗМ ВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ

**ABSTRACT:** This review concerns various types of explosions, which proceed through the chain mechanism, such as synthesis of halogen hydrides, oxyhydrogen gas explosion, fission of heavy nuclei, etc.

The main differences between shock and detonation waves are shown. A new interesting approach to explosion's mechanism of conventional explosives is described, which author holds a brief for an explanation of this process by chain mechanism as well, considering that "resonant" electrons of explosives molecules take on the role of active particles, supporting chain process.

**KEYWORDS:** explosion; chain reactions; explosives; shock waves; deflagration; detonation waves; nuclear and thermonuclear processes.

**АННОТАЦИЯ.** В обзорной статье рассмотрены разные типы взрывов, протекающие по цепному механизму – синтез галогеноводородов, взрыв «гремучего» газа, распад тяжелых ядер и т. д. Приведены соответствующие примеры.

Указаны основные различия между ударной и детонационной волнами. Коротко описан новый, интересный подход к механизму взрыва обычных взрывчатых веществ, появившийся сравнительно недавно. Автор является сторонником объяснения этого процесса с помощью цепного механизма, считая, что т.н. «резонансные» электроны молекул ВВ, выступают в роли активных частиц, поддерживающих, цепной процесс.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** взрыв; цепные реакции; взрывчатые вещества; ударная волна; дефлаграция; детонационная волна ядерные и термоядерные процессы.

შპს 622. 235. 2

**ზ. კუჭუშიძე, ა. აფრიაშვილი, ბ. თხელიძე, ნ. აბესაძე**  
**აფეთქებისა და ენერჯის გამოყენების მექანიზმის შესახებ**

**ანოტაცია:** სამუშაოში განხილულია აფეთქების ენერჯის გამოყენებით სამთო საწარმოებში, შენობა-ნაგებობების დემონტაჟისას, საინჟინრო-ნაგებობების სიახლოვეს ჩასატარებელი აფეთქებითი სამუშაოების აუცილებლობის მათი წარმოების უსაფრთხოების გაზრდის გზები, მრავალრიცხოვანი მცირედ დაყოფილი აფეთქებისა და დასაშვები (უსაფრთხო) მუხტის სიდიდეების გათვლის ახალი მეთოდების ხარჯზე, რაც გარემოზე მავნე სეისმურ ზემოქმედების მართვისა და ნამსხვრევების გაფანტვის კონტროლის საშუალებას იძლევა.

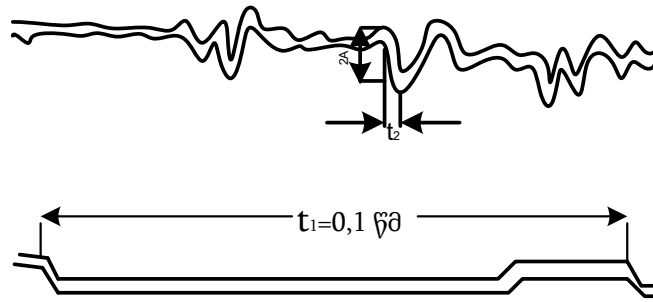
**საკვანძო სიტყვები:** სეისმიკა, აფეთქება, ნონელი, ჭაბურღილი, დეტონატორი.

ქანების აფეთქების ტექნოლოგიების განვითარებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა მიანიჭა აფეთქებით გამოწვეული სეისმური ეფექტის კვლევებს. ვინაიდან ჩვეულებრივ მოვლენად იქცა აფეთქებით ქანების დაშლა არა მარტო შახტებში ან კარიერებზე, არამედ შენობა-ნაგებობების უშუალო სიახლოვეს, ზოგ შემთხვევაში კი ქალაქების ცენტრშიც.

ეს შესაძლებელი გახდა მრავალრიცხოვანი მცირედ-დაყოფილი აფეთქების და მუხტის სიდიდის გათვლის ახალი მეთოდების დანერგვის ხარჯზე, რომელიც საშუალებას იძლევა მასშტაბური აფეთქების პირობებში სეისმური რხევების მართვასთან ერთად, გაწარმოთ მსხვრევის შედეგად ქანების გაფანტვის კონტროლი. შენობა-ნაგებობების სიახლოვეს ჩატარებული აფეთქებით გამოწვეული სეისმური ტალღები, ხშირად ქმნიან პრობლემებს, რომელიც გვაიძულებს ვეძებოთ ალტერნატიული გზები. გამომდინარე პრობლემიდან მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში მოხდა ჩატარებული ექსპერიმენტების და კვლევების განზოგადოება და ანალიზი, რომელმაც პრაქტიკულად მოიცვა ქანების ყველა ტიპი, მათში აფეთქებით გენერირებული ტალღების გავრცელების მართვის და კონტროლის მეთოდების დანერგვით.

სტატიაში განხილულია აღნიშნული მეთოდოლოგიის, ახალი თანამედროვე მარეგისტრირებელი აპარატურის და აფეთქების ტექნოლოგიების გამოყენების ასპექტები.

აფეთქებით გენერირებული სეისმური ტალღის ძირითადი მახასიათებლები ამპლიტუდის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რხევის სიჩქარე და აჩქარება განისაზღვრება სეისმოგრამით ნახაზი 1.



ნახ 1. ვიბროგრამის გაშიფრვა

ორ თანმიმდევრობით საწინააღმდეგო მიმართულებით გადახრილ ვერტიკალურ მანძილს განსაზღვრავს ორმაგი ამპლიტუდა (2A), ხოლო ჰორიზონტალურს -  $t_2$  ითვლება, რომ რხევები დამაკმაყოფილებელი სიზუსტით შეიძლება წარმოდგენილი იყოს A ამპლიტუდის სინუსოიდალური რხევებით, რხევის პერიოდით  $2t_2$  სიხშირე  $f$  განისაზღვრება დროის ნიშნულთან  $t_1 = 0,1$  წმ, შედარებაში და გამოისახება ფარდობით:

$$f = \frac{10t_1}{2t_2} = 5 \frac{t_1}{t_2}, \quad (1)$$

ეხლა მივუბრუნდეთ აპროკსიმირებულ (მიახლოებულ) სინუსოიდალურ რხევებს.

$$s = A \sin 2\pi f t; \quad (2)$$

$$v = 2\pi f A; \quad (3)$$

$$a = 4\pi^2 f^2 A; \quad (4)$$

სადაც:  $t$  - რხევის სიჩქარე, წმ;  $v$  - რხევის მაქსიმალური სიჩქარე, წმ;  $a$  - მაქსიმალური აჩქარება მ/წმ<sup>2</sup>.

რხევების ჩაწერა მიზანშეწონილია ვაწარმოოთ ერთჯერადად აფეთქებული შპურებისთვის, თუ ეს ეხება

დაყოვნებულ და არა მცირედაყოვნებულ აფეთქებას.

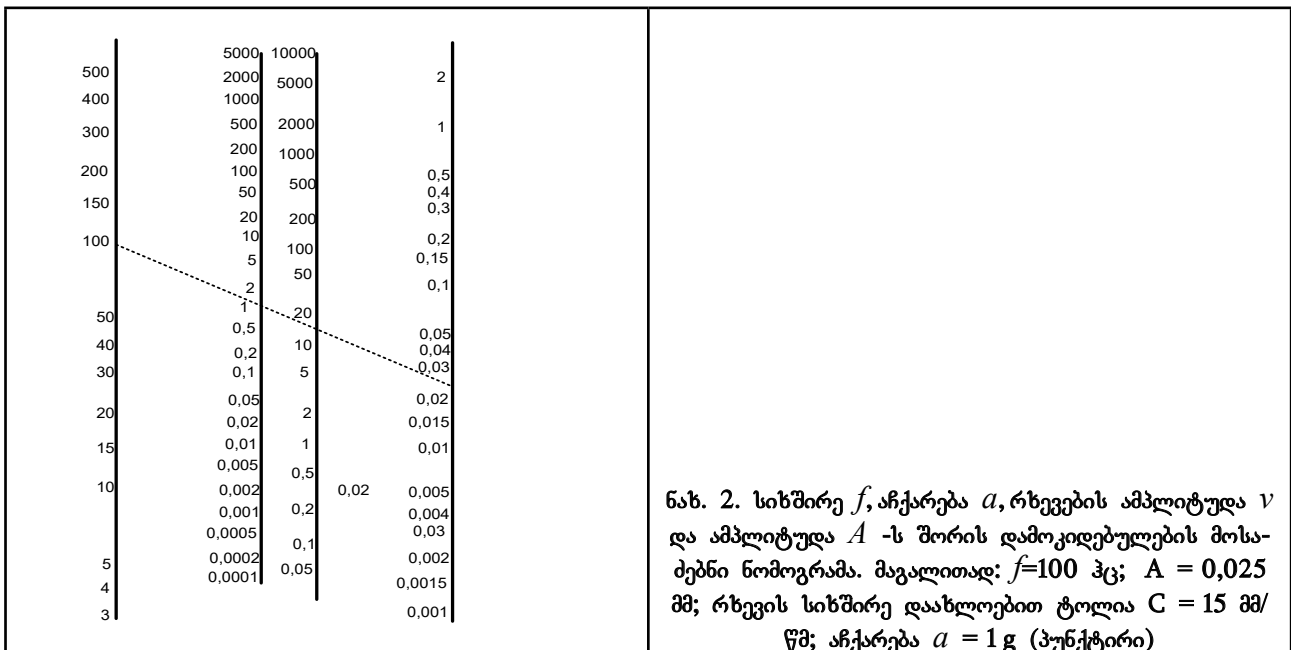
თუ  $A$  და  $v$  იძლევა მაღალ მაჩვენებელს შესაძლებელია გამოვყოთ დაყოვნების სხვადასხვა საფეხურები, რომელთა ჩაწერა ხდება ცალცალკე. ვინაიდან ვიბრაცია შედგება რამდენიმე სხვადასხვა სიხშირისგან და თუ  $A$  და  $v$  ან  $\left(\frac{v}{C}\right)$ , ( $C$  - ტალღის გავრცელების სიჩქარე)

ჩაითვლება მაღალ მაჩვენებლად, ხდება ყოველი სიხშირისთვის ცალკე ანათვალის აღება.

მას შემდეგ, როცა ამპლიტუდა და მისი თანამდევნი სიხშირე მიღებულია, აჩქარება და სიჩქარე შესაძლებელია გამოითვალოს ნახაზი 2 მოყვანილი ნომოგრამის საშუალებით.

თუ ჩვენ არ გვაქვს სერიოზული პრაქტიკული მიზეზი, ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით, რეკომენდირებულია რხევის სიჩქარე ქანებში შევინარჩუნოთ  $v = 70$  მმ/წმ-ზე, ხოლო გრუნტს  $v = 50$  მმ/წმ-ზე დაბლა, ვინაიდან მაჩვენებლები ნაკლებია ნგრევის ზღვარზე.

მრავალჯერადი აფეთქებების შემთხვევაში შესაძლებელია ზემოთ მოყვანილი რხევის სიჩქარეების გადამეტება, მაგრამ სიჩქარე არ უნდა გადაცდეს  $v = 100$  მმ/წმ-ში სიდიდეს.



საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია  $v = 150$  მმ/წმ-მდე გაზრდა, მაგრამ ამ შემთხვევაში უნდა გათვალისწინებული იქნეს ზარალის ანაზღაურების სარგებებიც.

ერთჯერადად ასაფეთქებელი მუხტით გამოწვეული სეისმური რხევების მაქსიმალურ ამპლიტუდას  $A$  -ს შესაძლებელია მივალწიოთ ერთი ან რამოდენიმე, უმნიშვნელო წინასწარი რხევის შემდეგ. ამ დროს გამოწვეული ვიბრაცია ჩვეულებრივ ხანმოკლეა და ხშირ შემთხვევაში ჩნდება მხოლოდ სრული რხევების დროს, ამპლიტუდით  $\frac{A}{2}$ ;

სხვა დანარჩენი რხევები შეიძლება იგნორირებული იყოს.

ეს ნიშნავს, რომ  $3T(T = \frac{1}{f}$  - სრული დროის პერიოდი)

დროის ინტერვალში, ორ სხვადასხვა აფეთქებას შორის არ ხდება ურთიერთქმედება.

თუ ინტერვალში მოკლეა, მოხდება სხვადასხვა სისტემის ტალღის ურთიერთქმედება, რაც გაართულებს პირობებს. კითხვა, როგორ მოქმედებს საბოლოო შედეგებზე დროის დაყოვნება, იმპულსების რაოდენობა და სიხშირის ფაქტორები შეისწავლა ლანგეფორსმა და ეს მოვლენა ახსნა ინტერფერენციის ეფექტით, რომელიც გულისხმობს, თუ დაყოვნების დრო  $\tau$  მეტია რხევების  $T$  დროზე, მაშინ მიღწევადია სხვადასხვა დაყოვნების საფეხურებს შორის ურთიერთქმედება და რხევის ეფექტი ჯამდება. ეს ხდება იმ შემთხვევაში, როცა  $H$ , გამოსახულებაში მთელი რიცხვია:

$$\tau = HT \quad (5)$$

მეორის მხრივ თუ  $H$  წარმოდგენილია კენტი რიცხვით, მაშინ სხვადასხვა ტალღური სისტემა ახშობს ან ამცირებს ერთმანეთს. ეს ეფექტი წარმოიშობა  $H = 1/2$  შემთხვევაში, ხოლო  $H=5/2$  მნიშვნელობისას ეფექტი არ თამაშობს არავითარ როლს ვინაიდან თავისით ხდება რხევების ჩაქრობა. მე

ინტერფერენციის ეფექტის მიღება შესაძლებელია სხვა გზითაც. აქ მთავარი პირობაა ის, რომ მთელი რიცხვი იქნება  $k$  და არა ფარდობა  $k$  და  $n$  შორის, ანუ

$$\frac{k}{n} \neq 1, 2, 3, \dots$$

$$n\tau = kT \quad (6)$$

სადაც:  $n$ - ინტერვალის რიცხვია.

$n\tau$  აფეთქების სერია დაკვირვების ქვეშ მყოფ ერთი ან რამოდენიმე რხევის პერიოდზე გადაწვილილება. ამ გაშლას, პრაქტიკული თვალსაზრისით აქვს დიდი მნიშვნელობა. ინტერფერენციისთვის ყოველ რხევას შეესაბამება გარკვეული ინტერვალის, ინტერფერენციის პირობა განტოლება (6)-ის შესაბამისად შესაძლოა გავრცელდეს ფართო დიაპაზონში. ლიტერატურაში აღწერილი მრავალი მაგალითი გვიჩვენებს, რომ მუხტების წონის ჯამური ზრდა ინტერვალის რიცხვის ზრდასთან ერთად გვაძლევს ნიადაგის რხევის ამპლიტუდის შემცირებას. ეი დაყოვნების საფეხურების რიცხვის გაზრდა იწვევს  $k$  კოეფიციენტის მიახლოებას მთელ რიცხვთან. დაყოვნების ინტერვალის მიმართ, დაყოვნების საფეხურები შეიარჩევა ისე, რომ  $n$  შეადგენდეს დროის მიხედვით

ცხრილი 1

NONEL MS Connector

Delay Time (msec)	Connector Blok Color	Delay Time (msec)	Connector Block Color
9	Green	65	Purple
17	Yellow	67	Blue
25	Red	100	Pink
35	Black	109	Black
42	White	200	Blue
50	Orange		

ცხრილი 2

NONEL LP 1.4B

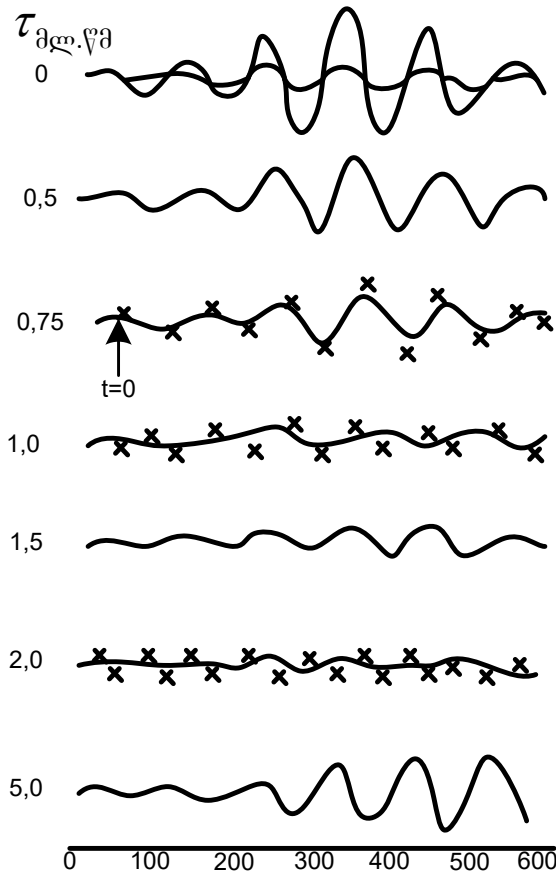
Period/DelayTime (msec)	Delay Tag Color	Period/DelayTime (msec)	Delay Tag Color
0/0	Pink	10 / 3500	Green
1 / 500	White	11 / 3900	Yellow
2 / 800	Lt Blue	12/4400	Red
3/1100	Orange	13 / 4900	White
4 / 1400	Green	14 / 5400	Lt Blue
5 / 1700	Yellow	15 / 5900	Green
6 / 2000	Red	16 / 6500	Green
7 / 2300	White	17 / 7200	Yellow
8 / 2700	Lt Blue	18 / 8000	Red
9 / 3100	Orange		

ერთ მთლიან პერიოდს. თუ შეუძლებელია დაყოვნების დრო შეირჩეს ისე, რომ  $K$  უტოლდებოდეს მთელ რიცხვს შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მუხტების სერიის დიდი ნაწილი ასრულებს ინტერფერენციის პირობას და რომ დარჩენილი ნაწილი ნამდვილად ურთიერთქმედებაშია.

ინტერვალი, რომელიც ყოველი აფეთქების შედეგად აღემატება საკუთრივი რხევის პერიოდს ასწრებს ჩაქრობას იქამდე, სანამ მომდევნო აფეთქება განავითარებს თავის მაქსიმალურ ამპლიტუდას. თუ დროის ინტერვალი მიახლოებულია ან ტოლია რხევის გავრცელების დროსთან ან მის ორმაგ მნიშვნელობასთან  $\tau = T$  ან  $2T$ , მაშინ შეუძლებელია ავიცილოთ სხვადასხვა მუხტების მიერ წარმოქმნილი რხევების ურთიერთქმედება. მეორე მხრივ, თუ მუხტების სერია გადანაწილებულია ინტერვალების დიდ რიცხვზე და აფეთქების ხანგრძლიობა, დროის მიხედვით, ეტევა  $3T$  ან მეტში, მოსალოდნელია, რომ მათი ურთიერთქმედება არ შედეგა. მუხტების სერიის ნაწილისთვის,

რომელთა ინტერვალებია  $N \cdot 0, 3, 6, 9$  და ა.შ (ან  $0, 2, 4, 6$  და ა.შ)  $\tau = 2T$  შემთხვევაში მაქსიმალური ამპლიტუდის სიდიდეს ექნება იგივე რიგი, რაც ცალკეული მუხტის აფეთქებას. ამ შემთხვევაში ჯამური ვიბრაცია შედეგა ორი ან სამი ასეთი სერიიდან. აქედან გამომდინარე სერიის ყველა მუხტის აფეთქების თანხლები ეფექტი შეესაბამება ორი ან სამი ურთიერთქმედი მუხტის აფეთქებას. თუ რხევების სიდიდის შემცირება არ არის საკმარისი, უნდა შევიყვანოთ ერთი ან ორი შუალედური ინტერვალი [2]. თანამედროვე პირობებში ფართოდ გამოიყენება არაეფექტური აფეთქების სისტემები (NONEL), რომელიც მოიცავს დაყოვნების ფართო სპექტრს (0-8000 მლ. წ.). მაგალითისთვის NONEL MS და NONEL LP დაყოვნების პარამეტრები მოყვანილია ცხრილი 1 და ცხრილი 2.

ნახაზი 3. მოყვანილია რამოდენიმე მუხტის ერთდროული ინიცირებით გამოწვეული ნიადაგის რხევის ამპლიტუდები.



ნახ. 3. ნიადაგის რხევის მრუდები გამოწვეული ხუთი სხვადასხვა მუხტის აფეთქებით. დაყოვნება 0-100 მლ.წმ. მრუდები გათვლილია ფიშის მეთოდით, როცა საწყისი წერტილი  $\tau = 0$ . მრუდები აღნიშნული ჯვრებით მიღებულია ექსპერიმენტალურად

ზემოთ მოყვანილი დებულებები შესაძლებლობას იძლევა გამოვიყენოთ ისინი სტაციონალურ საამფეთქებლო სამუშაოებისთვის გამოყოფილ უბნებზე, როგორცაა შახტები და კარიერები, სადაც საამფეთქებლო სამუშაოს აწარმოებენ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. ამ პერიოდში შესაძლებელია დადგინდეს რხევების მახასიათებლები, დაყოვნების დრო და დაყოვნების ინტერვალები [1].

Instantel ფირმის Blastmate III ხელსაწყო იძლევა საშუალებას დიდი სიზუსტით განვსაზღვროთ ამპლიტუდის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რხევების სიხშირე, აჩქარება და გრუნტის გადაადგილების სიჩქარე. მაგალითისთვის ექსპერიმენტების შედეგი მოყვანილია Blastmate III გამოყვანილ დიაგრამაზე.

ერთჯერადი საცდელი აფეთქების დროს სეისმური ტალღების ინსტრუმენტალური მონიტორინგის შედეგი (ა.შ.შ.-ის სტანდარტები USBM R18507 და OSMRE)



### Event Report

Date/Time Tran at 17.45.48 September 12, 1995  
 Trigger Source Geo: 2.00 mm/s. Mic 09.0 pa(L.)  
 Range Geo: 254 mm/s  
 Record Time 7.0 sec at 1024 sps  
 Job Number 1

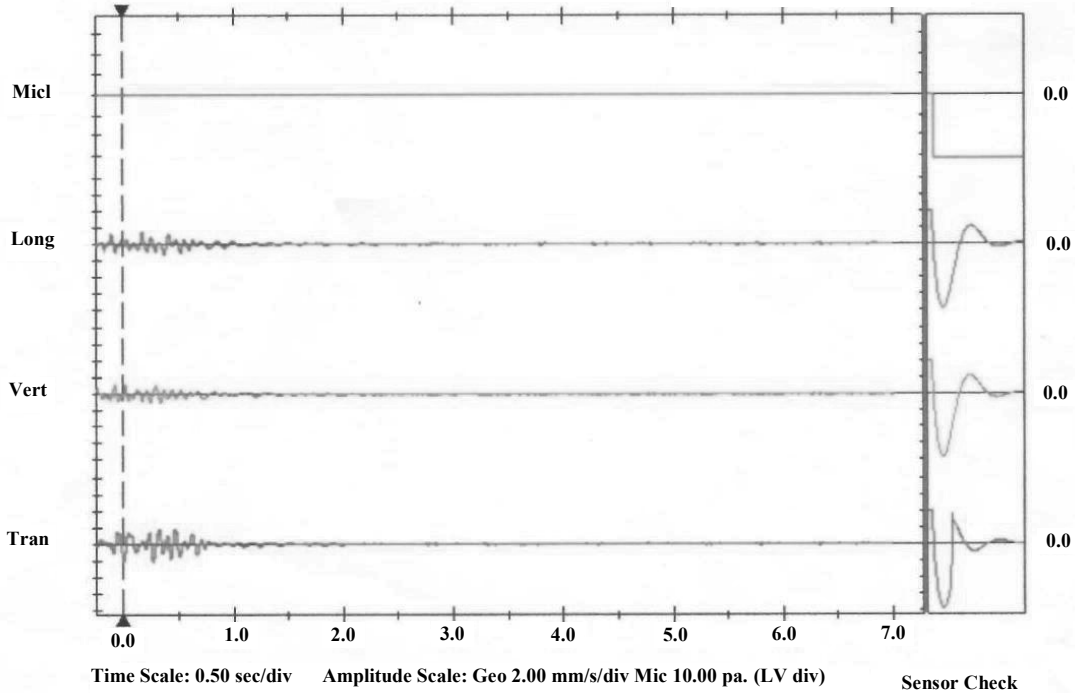
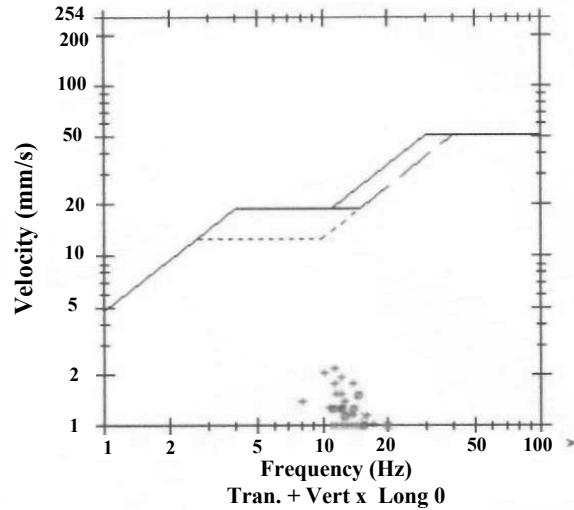
Serial Number BA20882 V 10.72-8.17 BlastMate  
 Battery Level III  
 Unit Calibration 6.2 Volts  
 File Name February 21, 2017 by RGN Zagreb

Location  
 Client  
 User Name  
 General

Extended Notes  
 Microphone Linear Weighting  
 PSPL <0.500 pa(L)  
 ZC Freq >100 Hz  
 Channel Test Check (Freq=0.0 Hz Amp=0 mv)

PPV	Tran	Vert	Long
ZC Freq	2.16	1.14	1.52 mm/s
Time (Rel. to Trigl)	11	10	15 Hz
Peak Acceleration	0.267	-0.080	0.170 sec
Peak Displacement	0.0265	0.0265	0.0265 g
Sensor Check	0.0303	0.0153	0.0184 mm
Frequency	Check	Passed	Passed
Overswing Ratio	10.8	7.5	3.9
Peak Vector Sum	2.22 mm/s at 0.267 sec		
N/A	Not Applicable		

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.50 sec/div Amplitude Scale: Geo 2.00 mm/s/div Mic 10.00 pa. (LV div) Sensor Check

პრაქტიკაში მნიშვნელოვანია, რომ ინტერფერენციის პირობები იძლეოდნენ მოუწესრიგებელი ინტერფერენციის გამოყენების საშუალებას. ამ მოვლენას მივიღებთ, თუ მუხტების რიგის აფეთქების ხანგრძლიობა საკმარისია იმისთვის, რომ გადაფაროს რხევების მთლიანი პერიოდი იმ შემთხვევაშიც, როცა ეს განვრცობა ნაწილდება სრუ-

ლიად ნებისმიერად. მოუწესრიგებელი ინტერფერენციის ეფექტის გამოსათვლელად ცხრილ 3-ში სისშირეების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის, რხევების პერიოდისთვის და გაბნევისთვის  $\pm \Delta\tau$ , მოყვანილია შემცირების კოეფიციენტი  $\gamma$ .

ერთი და იგივე ინტერვალში კოეფიციენტის შემცირება ჯამური  $Q_j$  მუხტისთვის მოუწესრიგებელი ინტერფერენციის დროს

$f$ ჰც	$T$ მლ.წმ	$\tau$				
		$\Delta\tau \pm 5$	$\pm 10$	$\pm 25$	$\pm 100$	$\pm 200$
5	200	1	1	1	1/2	1/3
10	100	1	1	1	1/3	1/6
20	50	1	1	1/2	1/6	1/6
50	20	1	1/2	1/3	1/6	1/12
100	10	1/2	1/3	1/6	1/12	1/25
200	5	1/3	1/6	1/6	1/25	1/50
500	2	1/6	1/6	1/12	1/50	1/100

ცხრილი 3 გამოყენებადია მუხტების სერიისთვის, რომლებიც დეტონირებენ ერთ და იგივე დაყოვნების საფეხურზე  $\pm \Delta\tau$  დეტონირებით. თუ ვიყენებთ მცირედ დაყოვნების დეტონატორებს ცდომილება ორი ყველაზე დაბალი საფეხურისთვის შესაძლებელია იყოს  $1 \pm 5$  მლ.წმ, შემდეგი სამი საფეხურისთვის  $\pm 10$  მლ.წმ., და უფრო მეტი ცდომილება იქნება 10 საფეხურის დაყოვნებისთვის. 1000 მლ.წმ დაყოვნების დეტონატორებისთვის ცდომილება იქნება  $\pm 100$  მლ.წმ. და მეტი.

დაყოვნების სხვადასხვა საფეხურებისთვის შესაძლებელია დაუშვათ, რომ ურთიერთქმედება არ ხდება  $\tau > 2,5T$  შემთხვევაში. 30 მლ.წმ დროს მაქსიმალურად დასაშვები მუხტი შეგვიძლია გამოვიყენოთ ყოველ ცალკეულ საფეხურზე, კოეფიციენტის გათვალისწინებით, იქამდე სანამ სისშირე არ აღემატება  $f=100$  ჰც. ეს ჩულებრივ ეხება საამფეთქებლო სამუშაოებს მაგარ კლდო-

ვან ქანებში.

შედარებით რბილ ქანებში სისშირე შეადგენს 20-50 ჰც. საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია დაყოვნების ყოველ საფეხურზე გამოვიყენოთ მაქსიმალური მუხტი. ამ შემთხვევაში დაყოვნების ინტერვალის შეადგენს 30 მლ.წმ  $\approx T/2$  და როგორც მოსალოდნელია, რხევები, თანმიმდევრული აფეთქებების შედეგად მთლიანად იქნება ჩამქრალი.

### ლიტერატურა

1. X. Лангефорс, К. Кильстром. Современная техника взрывной отбойки горных пород. Недра, Москва, 1968 г. 207 с.
2. „Shot Pattern Guide“. Dyno Nobel inc . 2006 .

KUCHUKHIDZE Z., APRIASHVILI A., TKHELIDZE G., ABESADZE N.

### THE WAYS TO REDUCE THE SEISMIC VIBRATIONS GENERATED BY THE EXPLOSION

**ABSTRACT:** The work considers the importance of explosion energy in modern life, not only in mining, but during dismantling of the buildings or works to be done around them as well. This has been made possible by the introduction of multiple-row millisecond delay blast and new methods of designing of blast, which allows to manage the dispersion of the rock as a result of destruction, as well as the control of seismic vibrations when using the explosion energy. The article describes aspects of the use of this methodology, of the modern state-of-the-art recording equipment, and new blast technology.

**KEY WORDS:** seismic; explosion; nonlinear; borehole; detonator.

КУЧУХИДЗЕ З. К., АПРИАШВИЛИ А. ., ТХЕЛИДЗЕ Г. ., АБЕСАДЗЕ Н.А.

### СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВИБРАЦИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВЗРЫВОМ

**АННОТАЦИЯ:** Работа рассматривает важность энергии взрыва в современной жизни, не только в горнодобывающей промышленности, но и при разборке зданий или работах, которые будут выполняться вокруг них. Это стало возможным благодаря внедрению многорядного замедленного взрыва с задержкой и новых методов проектирования взрыва, что позволяет управлять рассеиванием породы в результате разрушения, а также контролем сейсмических колебаний при использовании энергии взрыва. В статье рассматриваются аспекты использования этой методологии, современного современного записывающего оборудования и новых технологий взрыва.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сейсмический; взрыв; нелинейный; скважина; детонатор.



**ფიზიკა-მათემატიკის მეცნ. დოქტორი ე. ჩაგელიშვილი, აკად. დოქტორი  
ბ. ზოღოვაძე, ა. დგაგუაძე, მ. თუთუაშვილი**  
**ქალღვანი ელექტრონიკისათვის სითბოს ამრეკლი ელემენტების  
დაზოგადება აწვითქაჲსი ტექნოლოგიით**

ანოტაცია. ნაშრომში შემოთავაზებულია ცილინდრული გეომეტრიის მქონე მილისებრ კონტინერში (ამჲულაში) კომპოზიციური კერამიკული ფხვნილოვანი ნარევის აწვითქებით დაწნეხა ორ საფეხურად: ა) პირველ საფეხურზე ნაშაღის წინასწარი სიმკვრივის გაზრდის მიზნით საწყისი ფხვნილის ნარევის აწვითქებით დაწნეხა ხორციელდება ოთახის ტემპერატურაზე, დატვირთვის ინტენსივობით 5-10 გპა.; ბ) მეორე საფეხურზე, იგივე წინასწარ დაწნეხილი ცილინდრული ნიმუში განმეორებით განიცდის აწვითქებით დაწნეხას ცხელ მდგომარეობაში, დატვირთვის ინტენსივობით ცილინდრული ფოლადის კედელზე არუმეტეს 10 გპა.-ისა. ცხელ მდგომარეობაში აწვითქების ტექნოლოგიით დაჲუშავების დროს კაზმის ერთერთი კომპონენტი (Al) უნდა იყოს თხევად მდგომარეობაში; კომპაქტირებული მასალის ზედაპირული ანალიზით სილიციუმის კარბიდისა და ალუმინის ფაზებს შორის იკვეთება საუკეთესო კავშირები, არ იტენება სიცარიელები ფორების, ბზარების, ვაკანსიებისა ან სხვა სტრუქტურული დეფექტების სახით.

**საკმანძო სიტყვები:** სითბომრეკლი ელემენტები; კერამიკული კომპოზიციური მასალები; აწვითქების ტექნოლოგიით დაწნეხა; ელექტრონული მოდული.

ამჲამად, საშუალო და დიდი სიმძლავრის ძალოვანი ელექტრონიკა განიცდის განვითარების უმაღლეს პერიოდს. ენერგეტიკაში, ჩარხმშენებლობაში, სარკინიგზო ტრანსპორტში, ავიაციაში, გემთმშენებლობაში და სამხედრო მიმართულებით ნახევარგამტარებზე შექმნილი ახალი დანადგარების ფართო გამოყენებამ მოითხოვა ადრე მიუღწეველი თვისებების მქონე ახალი ნაკეთობების დამზადება. ძალოვანი ელექტრონიკისათვის აქილევსის ქუსლია სითბოს მოცილება. ნახევარგამტარული კრისტალური მასალები, როგორც წესი, ხასიათდებიან დაბალი სითბური გაფართოვების კოეფიციენტით. სითბური გრადიენტის წარმოქმნის გამო, რომელიც იწვევს კრისტალების მრავალჯერად შეკუმშვა-გაფართოვებას, ხდება ნახევარგამტარული ელემენტების დამსხვრევა და, შესაბამისად, მწყობრიდან გამოყვანა. ელექტრონული მოდულის შექმნის დროს საჭიროა შეიქმნას ისეთი კომპოზიციური მასალები, რომელთაც ექნებათ დაბალი სითბური გაფართოების კოეფიციენტი და მაღალი სითბოგამტარობა [1].

დღეისათვის მსოფლიოში ისეთ წამყვან კომპანიებს, როგორებიცაა Ceramic Process Systems, Thermal Transfer Composites, დაჲუშავებული და ათვისებული აქვთ ძალოვანი ელექტრონიკისათვის სითბოს ამრეკლი ელემენტების დამზადების საწარმოო ტექნოლოგია SiC – Al ბაზაზე. სითბოს ამრეკლების დასამზადებლად გამოყენებულია საკმაოდ რთული ტექნოლოგიები: ვაკუუმურ-

კომპრესიული გაჲლენთვა გამდნარი ალუმინით და SiC ნაწილაკების სილიკატური წებოს მეშვეობით, ცხრილური კარკასის დამზადება და შემდგომ გაჲლენთვა გამდნარი ალუმინით. წარმოებული მასალა არ გამოირჩევა დიდი სიმკვრივითა და ხარისხით. ამავე დროს წარმოებული ცილინდრული ფორმის ნიმუშების დიამეტრი 100 მმ-ს არ აღემატება.

ფხვნილოვანი და კონდენსირებული მასალების აწვითქებით დაჲუშავების დროს (აწვითქებით შედუღება, დაწნეხა, არმირება), როდესაც აწვითქებადი მასალის დეტონაციის შედეგად წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღების მეშვეობით ადგილი აქვს მაღალი წნევის პირდაპირ ზემოქმედებას ფხვნილოვან მასალებზე, შესაძლებლობა იქნება ტრადიციული ფხვნილთა მეტალურგიის სტატიკური მეთოდებისაგან განსხვავებით დარტყმითი ტალღის ფრონტზე მიღწეული იქნას გაცილებით მაღალი წნევები, რომელთა სიდიდეც შეიძლება აღწევდეს 100 გპა.-ს. ასეთი მაღალი წნევების პირობებში შესაძლებელი ხდება არა მარტო დაიწნეს ისეთი ძნელდნობადი და კერამიკული კომპოზიციური ფხვნილოვანი მასალები, რომელთა დაწნეხა ჩვეულებრივი სტატიკური დაწნეხის პირობებში შეუძლებელია, არამედ შესაძლებელი ხდება დასაწნეხი მარცვლების პლასტიკური დეფორმაცია და მათი დენადობა, რაც მარცვალთშორისი საერთო საზღვრების ჩამოყალიბების აუცილებელი პირობაა მაღალი სიმკვრივის და არაფორიანი მასალების მისაღებად. კერამიკული კომპოზიციური მასალების დაწნეხისას შესაძლებელი ხდება მყარი ხსნარების ფორმირება კერამიკული ფაზის შემადგენელ ელემენტებსა და შემაკავშირებელ ფაზას შორის. აღნიშნული პროცესი განაპირობებს მაღალი სიმტკიცის კომპოზიციური კერამიკული ნიმუშების მიღებას, ასევე სინთეზირებული ახალი ფაზების ჩამოყალიბებას სტრუქტურაში, რაც ტრადიციულ ტექნოლოგიებში, სტატიკურ პირობებში შეცხოების პროცესში არ მიიღწევა. მათ თანამედროვე ძალოვან მოდულებში გამოიყენებენ სითბოს ამრეკლ ელემენტებად, იმის გამო, რომ გაანჩიათ მაღალი სიმტკიცე, სისალე, სითბოგამტარობა, ცვეთამედგობა, ელექტროგამტარობა, დაბალი სიმკვრივე და თერმიული გაფართოების კოეფიციენტის რეგულირების შესაძლებლობა. არსებობს მოსაზრება, რომ მაღალი სისალის სილიციუმის კარბიდს, შეკავშირებულს მაღალ პლასტიკურ ალუმინთან და შედეგად მიღებულ კომპოზიციას (SiC – Al) შესაძლებელია ჰქონდეს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებული და ოპტიმალური კომბინაცია სხვადასხვა მიზნებისათვის.

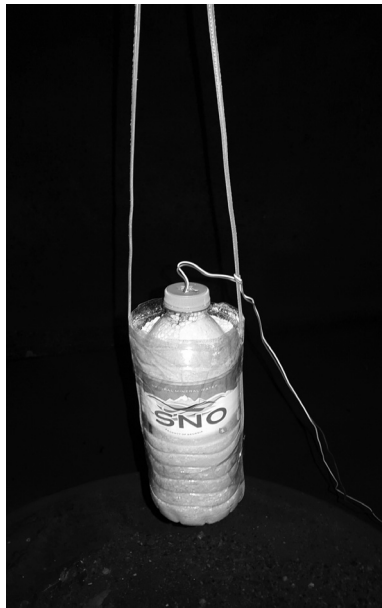
სიახლე ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ არატრადიციულ მდგომარეობაში მდგომარეობს იმაში, რომ ცილინდრული გეომეტრიის მქონე მილისებრ კონტინერში (ამჲულაში) კომპოზიციური კერამიკული ფხვნილოვანი ნარევის დაწნეხა შესრულებული იქნა ორ საფეხურად: ა) პირველ

საფეხურზე საწყისი ფხვნილის ნარევის აფეთქებით მოწინააღმდეგეობა ოთახის ტემპერატურაზე, დატვირთვის ინტენსივობით 5-10 გპა, ნამზადის წინასწარი სიმკვრივის გაზრდის მიზნით; ბ) მეორე საფეხურზე, იგივე წინასწარ დაწინააღმდეგეობით ცილინდრული ნიმუში განმეორებით განიცდის აფეთქებით მოწინააღმდეგეობას ცხელ მდგომარეობაში, ალუმინის დნობის ტემპერატურაზე. დატვირთვის ინტენსივობა ამ შემთხვევაში ცილინდრული ფოლადის კედელზე არ აღემატებოდა 10 გპა-ს.

პირველ საფეხურზე დატვირთვის შემდეგ, როგორც მოსალოდნელი იყო, არავითარი ცვლილება არ გვხვდება დაწინააღმდეგეობის მიკრო-სტრუქტურაში. მაღალი ინტენსივობის დარტყმითი ტალღები (მაღალი წნევა) განაპირობებს ნაწილაკების ზედაპირების დენადობას და მათი პლასტიკურობის გაზრდას. როგორც შედეგი, ხდება მარცვალთშორისი საზღვრების ჩამოყალიბება, რაც შეუძლებელია და გამორიცხულია სტატიკური დაწინააღმდეგეობა. აღნიშნულ კომპოზიტში თხევადი ფაზა წარმოიქმნება 650-700 °C ტემპერატურაზე. დარტყმითი ტალღით კომპოზიტის შეკუმშვამდე, კომპოზიტის ერთ-ერთი კომპონენტის თხევად ფაზაში ყოფნა იწვევს შეცხობის პროცესის გააქტიურებას და ფორების შევსებას კომპო-

ნენტების თერმული გრადიენტის გამო. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანი ხდება შემდეგი პროცესები: თხევად ფაზაში სილიციუმის კარბიდის მარცვლების ზედაპირის გაფენთვა ალუმინით, რაც აადვილებს ნაწილაკების სრიალით გადაადგილებას; ადგილი აქვს, აგრეთვე, კაპილარულ მოვლენებს და თხევადი ფაზის ნივთიერებით ნაპრალების ამოვსებას; ასევე, ხდება დიფუზიის სიჩქარის გაზრდა. ეს ყოველივე კი ხელს უწყობს კომპოზიტის სიმკვრივის გაზრდას.

აფეთქებით (დარტყმითი ტალღებით) SiC - Al ფხვნილების დაწინააღმდეგეობა შესრულებული იყო ლერძულ - სიმეტრიული დატვირთვის სქემით. დარტყმითი ტალღები ინიცირებული იყო საწარმოო ფეთქი მასალებით და მათი ნარევებით ამონიუმის გვარჯილასთან სხვადასხვა პროცენტული შედგენილობით (იხ. სურ. 1). მყარ სხეულებში მიმდინარე პროცესებს, რომელიც დარტყმითი ტალღით არის გამოწვეული, უშუალოდ ვერ დავაკვირდებით, რადგან ზემოქმედების ხანგრძლივობა შეადგენს დაახლოებით 10 მკწმ-ს. მიუხედავად ამისა, ისინი შეიძლება ძირფესვიანად გაანალიზდეს იმ ცვლილებების ბაზაზე, რომლებიც რჩება სხეულში დარტყმითი ტალღის გავლის შემდეგ.

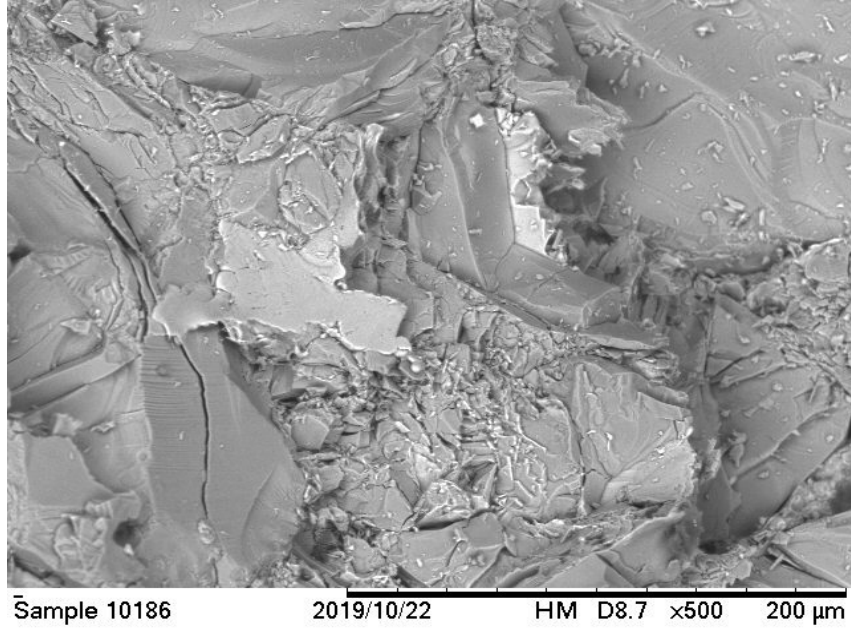


სურ. 1. ამონიტისა და ამონიუმის გვარჯილის ნარევისგან დამზადებული მუხტი

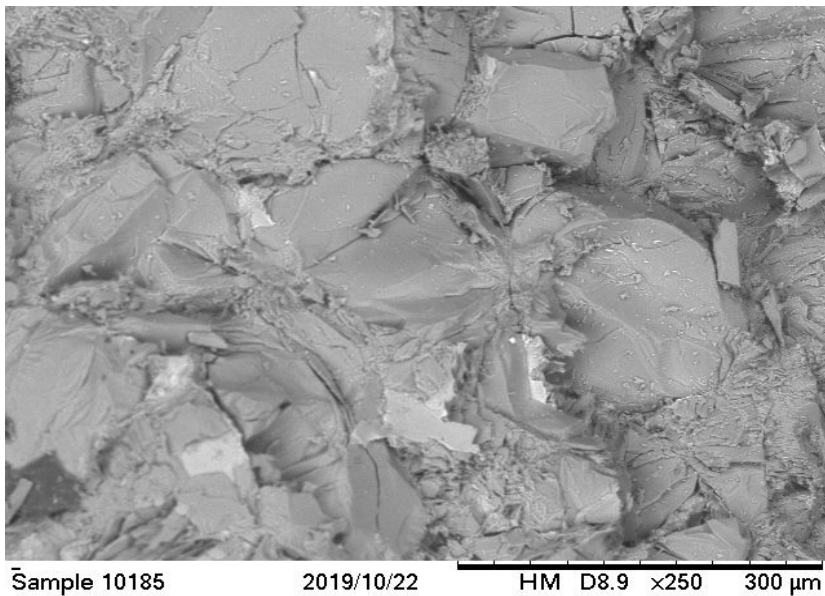
**სილიციუმის კარბიდისა და ალუმინის კაზიმის ოთახის ტემპერატურაზე და შემდგომ ცხელ მდგომარეობაში კომპაქტირება**

სილიციუმის კარბიდის და ალუმინის ფხვნილები-საგან ოთახის ტემპერატურაზე და შემდეგ ცხელ მდ-

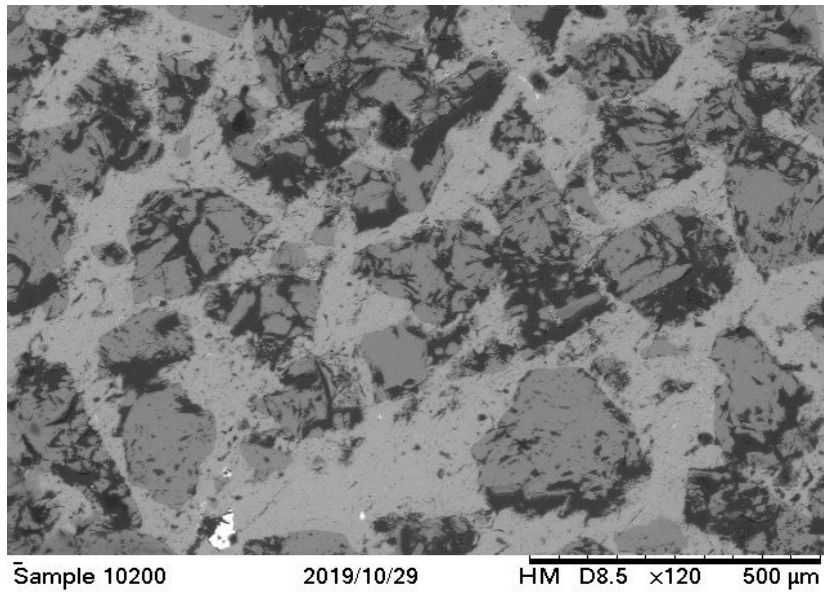
გომარეობაში კომპაქტირებული მასალების სტრუქტურის მიკროფოტოები ნაჩვენებია სურათებზე 2, 3 და 4. მიკროფოტოები გადაღებულია სხვადასხვა გადიდებით. კომპაქტირებული მასალის ზედაპირული ანალიზი გვიჩვენებს სილიციუმის კარბიდისა და ალუმინის ფაზებს შორის საუკეთესო კავშირებს.



სურ. 2. კომპაქტირებული SiC – 20 % Al კომპოზიტის ტენის ზედაპირი ფორმისა და დამახინჯების გარეშე. გადიდება x500

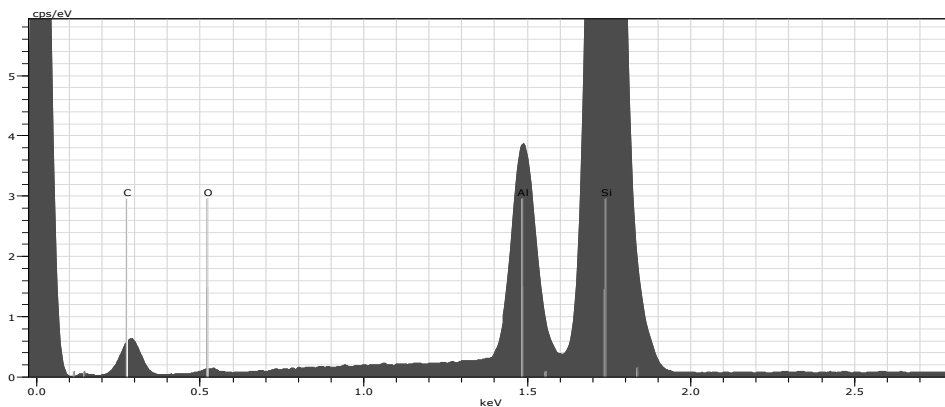


სურ. 3. ცხელ მდგომარეობაში (740 °C) აფეთქებით კომპაქტირებული (უდეფექტო) კერამიკული SiC – 20 % Al კომპოზიტის ტენის სტრუქტურა. გადიდება x250



სურ. 4. ცხელ მდგომარეობაში (740 °C) აფეთქებით კომპაქტირებული კერამიკული SiC – 20 % Al კომპოზიტის პოლირებული ზედაპირი. გადიდება x120

აღნიშნული სურათები მიღებულია მასკანირებულ ელექტრონულ მიკროსკოპზე, ელექტრონების ამრეკლი დეტექტორებით 15 კვ ძაბვის აჩქარებით. სურათებზე, განსაკუთრებით მაღალი გადიდებით, კარგად ჩანს უწყვეტი კავშირი სილიციუმის კარბიდსა და ალუმინის ფაზებს შორის. სილიციუმის კარბიდსა და ალუმინის ფაზებს შორის არ იძებნება სიცარიელები ფორების, ბზარების, ვაკანსიებისა ან სხვა სტრუქტურული დეფექტების სახით. სილიციუმის კარბიდის კრისტალები მჭიდროდაა ჩამჯდარი ალუმინის გარსაცმში.



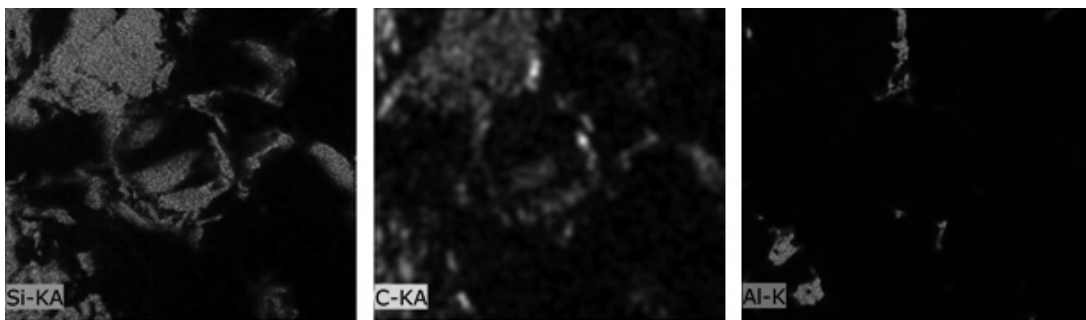
სპექტრი 1. ელემენტების პროცენტული რაოდენობა

Spectrum: Point

Element	AN Series	norm. C	Atom. C
		[wt.%]	[at.%]
Silicon	14 K-series	65.34	47.61
Carbon	6 K-series	26.87	45.77
Aluminium	13 K-series	6.41	4.86
Oxygen	8 K-series	1.38	1.76
Total:		100.00	100.00



სურ. 5. ცხელ მდგომარეობაში კომპაქტირებული SiC – 20 % Al კომპოზიტის ტეხის რენტგენოგრაფია



სურ. 6. ცხელ მდგომარეობაში კომპაქტირებული SiC – 20 % Al კომპოზიტის ტეხის რენტგენოკარტოგრაფია (X-ray mapping)

ცხელ მდგომარეობაში კომპაქტირებული SiC – 20 %Al კომპოზიტის ტეხის რენტგენოკარტოგრაფია (იხ. სურ. 6) საშუალებას გვაძლევს შევისწავლოთ ნიმუშის ტეხის ზედაპირის მორფოლოგია, შესაბამისად, აფეთქებით დაწნეხილი ცილინდრული ნაშადის ცენტრალური უბნები, კომპოზიტში არსებული კომპონენტების (სილიციუმი, გრაფიტი, ალუმინი) პროცენტული რაოდენობა და განაწილება/განლაგება, სტრუქტურის გარკვეულ უბანზე.

აფეთქებით კომპაქტირებული SiC - Al ნიმუშების სიმკვრივის განსაზღვრა.

ცნობილია, რომ მასის განაწილება სხეულის მოცულობის მიხედვით შეიძლება დავანასიათოთ სიმკვრივით. ერთგვაროვანი სხეულისათვის სიმკვრივე გამოითვლება ფორმულით:

$$P=m/V \tag{1}$$

სადაც,  $m$  - ნიმუშების მასაა, კგ;  $V$  - სხეულის მოცულობა, სმ<sup>3</sup>. ნიმუშების სიმკვრივეების მონაცემები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში.

SiC - Al პროცენტული თანაფარდობა	ნიმუში, მარცვლის ზომა, $\mu$	მყარი სხეულის წონა ჰაერში, P, გ	სხეულის წონა გამოხდილ წყალში, $P_1$ , გ	ამომგდები ძალა გამოხდილ წყალში, $F_3$ , ნ	საკვლევი მყარი სხეულის სიმკვრივე, $\rho$ კგ/სმ <sup>3</sup>	საკვლევი მყარი სხეულის სიმკვრივე, $\rho$ კგ/სმ <sup>3</sup>
SiC-10 % Al	100 $\mu$ , SiC	60,60	60,43	0,01736	349,1	3,491
	-----	53,7283	53,58	0,01483	362,29	3,6229
	-----	53,2225	53,10	0,01225	434,47	4,3447
	საშუალო	55,85	55,70	0,0148	377,4	3,774
SiC- 20 % Al	100 $\mu$ , SiC	54,1343	53,95	0,01843	293,73	2,9373
	-----	56,77	56,58	0,01904	298,2	2,9816
	საშუალო	55,452	55,265	0,019235	288,29	2,8829
SiC – 30 % Al	100 $\mu$ , SiC	48,50	48,34	0,01644	295,0	2,95
	-----	62,94	62,71	0,0233	269,79	2,6979
	საშუალო	55,72	55,525	0,0195	285,7	2,857
SiC- 10 % Al	300 $\mu$ , SiC	44,80	44,73	0,0077	577,4	5,774
SiC -20 % Al	300 $\mu$ , SiC	41,42	41,31	0,01117	476,93	4,769
SiC- 30 % Al	300 $\mu$ , SiC	50,1251	50,02	0,0105	370,8	3,708
SiC- 10 % Al	500 $\mu$ , SiC	40,3575	40,28	0,00775	520,74	5,2074
SiC- 20 % Al	500 $\mu$ , SiC	40,4693	40,39	0,00793	510,33	5,1033
SiC- 30 % Al	500 $\mu$ , SiC	35,5488	35,43	0,01188	299,23	2,99

**დასკვნები:**

ჩატარებული ექსპერიმენტალური საშუაობების ანალიზის საფუძველზე დადგენილი იქნა:

1. სილიციუმის კარბიდისა და ალუმინის ფხვნილების ნარევისაგან კომპოზიციური კერამიკული სითბური ამრეკლების მისაღებად საჭიროა გამოყენებული იქნას ოთახის ტემპერატურაზე და შემდგომ ცხელ მდგომარეობაში აფეთქებით დაშუშავების ტექნოლოგია. ცხელ მდგომარეობაში აფეთქების ტექნოლოგიით დაშუშავების დროს კაზმის ერთ-ერთი კომპონენტი (Al) უნდა იყოს თხევად მდგომარეობაში;

2. კომპოზიციური კერამიკული სითბური ამრეკლების მისაღებად, როგორც ოთახის ტემპერატურაზე, ასევე ცხელ მდგომარეობაში დაშუშავების დროს, მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის დიამეტრი. მის სწორად შერჩევაზე დამოკიდებული ხარისხიანი კომპოზიტის მიღება;

3. ვაკუუმურ-კომპრესიული მეთოდით წარმოებული ცილინდრული ფორმის ნიმუშების ზომები (კერძოდ,

დიამეტრი) შეზღუდულია, ხოლო ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ ტექნოლოგიაში აღნიშნული შეზღუდვას ადგილი არ აქვს.

4. კომპაქტირებული მასალის ზედაპირული ანალიზი გვიჩვენებს სილიციუმის კარბიდისა და ალუმინის ფაზებს შორის საუკეთესო კავშირებს. სილიციუმის კარბიდსა და ალუმინის ფაზებს შორის არ იძებნება სიცარიელები ფორების, ბზარების, ვაკანსიებისა ან სხვა სტრუქტურული დეფექტების სახით. სილიციუმის კარბიდის კრისტალები მჭიდროდაა ჩამჯდარი ალუმინის გარსაცმში.

**ლიტერატურა**

1. Каблов Е.Н., Щетанов Б.В., Шавнев А.А., и др. Свойства и применение высоконаполненного металломатричного композиционного материала Al - SiC. «Физика твердого тела». Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, №3(1), Нижний Новгород, 2011. с. 56-59.

**ЧАГЕЛИШВИЛИ Э. Ш., ГОДИБАДЗЕ Б. А.,  
ДГЕБУАДЗЕ А. А., ТУТБЕРИДZE М. Л.  
ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОТРАЖАЮЩИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ ВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ  
ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

**CHAGELISHVILI E., GODIBADZE B.,  
DGEBUADZE A., TUTBERIDZE M.  
PRODUCTION OF HEAT-REFLECTING  
ELEMENTS BY EXPLOSIVE TECHNOLOGY  
FOR POWER ELECTRONICS**

**АННОТАЦИЯ:** В данной работе предлагается двухступенчатое уплотнение композиционной керамической порошковой смеси в трубчатом контейнере (в ампулах) с цилиндрической геометрией: а) На первом этапе, чтобы увеличить предварительную плотность заготовки исходную порошковую смесь подвергают взрывному компактированию при комнатной температуре с интенсивностью нагрузки 5-10 ГПа; б) На втором этапе, тот же самый предварительно уплотненный цилиндрический образец вторично подвергается взрывному компактированию в горячем состоянии с интенсивностью нагрузки на цилиндрическую стальную стенку, не превышающую 10 ГПа. Во время обработки технологией горячего взрыва один из компонентов шихты (Al) должен находиться в жидком состоянии; анализ поверхности компактированного материала показывает наилучшую связь между фазами карбида кремния и алюминия, не наблюдаются пустоты в виде пор, трещин, вакансий или других структурных дефектов.

**ANNOTATION:** In this paper, a two-stage compaction of a composite ceramic powder mixture in a tubular container (in ampoules) with a cylindrical geometry is presented:

a) At the first stage, in order to increase the preliminary density of the product, the initial powder mixture is compacted by explosion at room temperature with a loading intensity of 5-10 GPa; b) At the second stage, the same pre-compacted cylindrical sample is again compacted by hot explosion with loading intensity on the cylindrical steel wall not exceeding 10 GPa. During processing by hot explosion technology, one of the components of the charge (Al) must be in a liquid state; analysis of the surface of the compacted material shows the best bond between the phases of silicon carbide and aluminium, there are no voids in the form of pores, cracks, vacancies or other structural defects.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** теплоотражающие элементы; керамические композиционные материалы; технология взрывного компактирования; электронный модуль.

**KEY WORDS:** heat-reflecting elements; ceramic composite materials; explosive compaction technology; electronic module.

შპს 691. 342

**მამისტილი დ. ნაბრავა, აკად. დომტრი ვ. ბუბანოვი, მამისტილი ს. კვიციანი,  
მამისტილი ა. ნაბრავილი, ბაკალავრი ლ. კირთაძე,  
ტიმ. მიტ. დომტრი, პროფესორი ბ. აბაშიძე**

**პლასტბეტონის ამალეზულ და მალალ ტემპერატურებზე და აალე-  
ბაზე (დვადრუბაზე) გამომცდების შედეგები**

*ანოტაცია. სტატიაში წარმოდგენილია პლასტბეტონის ამალეზულ (200°C-მდე) და მალალ (>200°C) ტემპერატურებზე, აგრეთვე ღია ცეცხლის ზემოქმედებაზე გამოცდის შედეგები. მოყვანილია მონაცემები აღნიშნული ფაქტორების უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების მიზნით ტეტრაეთოქსისილანის (ტეოს) გამოყენების შესახებ. ღია ცეცხლის ზემოქმედება შესწავლილია საერთაშორისო სტანდარტით UL 94.*

*საკმანძო სიტყვები: პლასტბეტონი, ამალეზული და მალალი ტემპერატურები, აალეების (წვადობის) კატეგორია, ტეტრაეთოქსისილანი.*

**შესავალი**

პლასტბეტონები გამოირჩევა მთელი რიგი დადებითი, ზოგიერთ შემთხვევაში უნიკალური თვისებით სხვა ტრადიციული მასალებთან შედარებით. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის მალალი მექანიკური მასასიათებელი გაჭიმვისას და ქიმიური მედეგობა აგრესიული გარემოს მიმართ [1, 2], რაც განაპირობებს მათი გამოყენების პერ-

სპექტულობას ზოგადად მშენებლობაში და მიწისქვეშა მშენებლობაში, კერძოდ. მეორე მხრივ, მათ, როგორც პოლიმერული კომპონენტის შემცველ მასალებს, ახასიათებს ისეთი უარყოფითი თვისება, როგორცაა შედარებით დაბალი მედეგობა ამალეზული და მალალი ტემპერატურების მიმართ. ამ თვისების შესწავლის აუცილებლობაზე ღიდი ხნის წინ გამახვილდა ფურადლება (Schmitt C. R. Thermal degradation characteristics of various polymeric materials. J. Fire and Flammability, V 3, # 5, 1972; В. А. Воробьев и др. Горючесть полимерных строительных материалов. Стройиздат, Москва, 1978; В. В. Патуроев. Полимербетонны. Стройиздат, Москва, 1987), მაგრამ დღემდე არ არის ღრმად შესწავლილი. თუმცა ბოლო დროს გამოჩნდა პუბლიკაციები, რომელიც შეეხება პლასტბეტონის ქვეყას ამალეზული და მალალი ტემპერატურების მიმართ [3-6]. რაც შეეხება პლასტბეტონის მედეგობას ღია ცეცხლის მიმართ, იგი დღეისათვის აღიარებული სტანდარტის მიხედვით თითქმის შეუსწავლილია.

უნდა ითქვას, რომ მასალაზე ღია ცეცხლის ზემოქმედების შესწავლის შედეგად ფორმირდება მისი სახანძ-

რო-ტექნიკური მახასიათებლების (სტმ) სისტემა: აალების, წვადობის, ალის გავრცელების, სითბოგამოყოფის, კვამლ-წარმოქმნის, წარმოქმნილი აირადი ნივთიერებების ტოქსიკურობის პარამეტრები. წინამდებარე ნაშრომი შეეხება პლასტბეტონის მხოლოდ ისეთი მახასიათებლების შესწავლას, როგორცაა აალება და წვადობა. სტანდარტი UL 94 ამ ორ ტერმინს მიიჩნევს ავთენტურად.

**მასალები და მეთოდი**

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს შემდეგი შედგენილობის პლასტბეტონი: მჭიდა კომპონენტი – BRE 452 მარკის თურქული წარმოების პოლიესტერული ფისი – 12 %, შემავსებელი – ანდეზიტის ფხვნილი (მარცვლის ზომა <1 მმ) – 85 %. ანდეზიტის ფხვნილი მიღებულია ქანის Fritsch-ის და Retsch-ის ფირმის მაღალენერგეტიკულ წისქვილებში დამუშავებით.

აალების (წვადობის) დასაქვეითებლად პოლიესტერულ ფისში შეყვანილია ტეოს-ი  $C_8H_{20}O_4Si$ . მისი შემცველობა შეადგენდა პოლიესტერული ფისის 2 %.

ინფრაწითელი სპექტრები გადაღებულია Agilent Technologies წარმოების Varian 660 ფურიე-გარდაქმნის ინფრაწითელ (FT-IR) სპექტრომეტრზე (დიაპაზონი 4000-400სმ<sup>-1</sup>). თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეშვეობით ვახდენდით ნარეგების (პოლიესტერი + სილანი) კომპონენტებად დაყოფას. მეთოდი ეფუძნება ორ ფაზაში კომპონენტების განაწილებებს შორის განსხვავების დაფიქსირებას. ამ ფაზებიდან ერთი მოძრავია, მეორე უძრავი. ნიმუშის კომპონენტები მიგრირდება ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე მაშინ, როცა ისინი იმყოფებიან მოძრავ ფაზაში.

პლასტიკური მასების აალებასა და წვადობაზე ყოფილ საბჭოთა კავშირსა და რუსეთში გამოყენებული სტანდარტები (ГОСТ: 212 07, 217 93, 281 57, 287 79, 289 13, 504 95), თანდათან კარგავს აქტუალობას. საკმარისია ითქვას, რომ თანამედროვე რუსული ნორმატიული დოკუმენტები სახანძრო უსაფრთხოებაზე ეყრდნობა საერთაშორისო სტანდარტებს (მაგალითად, ГОСТ 304 02–96 “სამშენებლო მასალები. აალებაზე გამოცდის მეთოდი” შექმნილია ISO სტანდარტზე 5657-86 “გამოცდები ცეცხლის ზემოქმედებაზე – რეაქცია ცეცხლზე – სამშენებლო კონსტრუქციების აალება”) დაყრდნობით. პლასტიკური მასების აალებასა და წვადობაზე გამოცდის დასავლური სტანდარტებია ISO 458 94, ASTM D 28 63, CSA C 22-2 N 0,6, UL 94. აუცილებელია ამ სტანდარტების დროული ათვისება. ამის გათვალისწინებით პლასტბეტონის აალების (წვადობის) შესაფასებლად გამოვიყენეთ ეს უკანასკნელი დოკუმენტი. UL 94 სტანდარტის მიხედვით ხდება დღეისათვის ბევრი ნივთიერებისა და მასალის შეფასება აალებაზე და წვადობაზე. იგი ადგენს ნივთიერების (მასალის) საკლასიფიკაციო შვიდ კატეგორიას.

• **კატეგორია (ყველაზე ნაკლებად მკაცრი კატეგორია).** ჰორიზონტალურად განთავსებული ნიმუშის სიჩქარე უნდა შეადგინოს <76 მმ/წთ, ნიმუშის სისქისას <3 მმ, ან წვის სიჩქარე უნდა იყოს <38 მმ/წთ ნიმუშის სისქისას >3 მმ.

• **კატეგორია V-0.** ნიმუშები – იგივე, ვერტიკალურად განთავსებული ნიმუშის წვა უნდა შეწყდეს 10წმ-ის

განმავლობაში. რეგისტრირდება პარამეტრები: წვის დრო და ფუჟის დრო. წვეთების გაჩენა ცდისას დაუშვებელია.

• **კატეგორია V-1.** ვერტიკალურად განთავსებული ნიმუშის წვა უნდა შეწყდეს 30 წმ-ის განმავლობაში. წვეთების გაჩენა არ დაიშვება. ფიქსირდება ნიმუშის ბამბის ქვესადების აალება ან არააალება.

• **კატეგორია V-2.** ვერტიკალურად განთავსებული ნიმუშის წვა უნდა შეწყდეს 60 წმ-ის განმავლობაში. დასაშვებია წარმოქმნილი წვეთების წვა.

• **კატეგორია 5V.** ითვლება ერთ-ერთ მკაცრ კატეგორიად. ვერტიკალურად ჩამარებული ნიმუშის წვა უნდა შეწყდეს 60წმ-ის განმავლობაში ალის ხუთგზის ზემოქმედების შემდეგ (თითოეული ზემოქმედების ხანგრძლივობა – 5 წმ). ტესტი ტარდება ორ ეტაპად: პირველი – არცერთი ნიმუში არ უნდა იწვოდეს 60წმ მეტი ხნით ალის ხუთგზის ზემოქმედების შედეგად. დაუშვებელია წარმოქმნილი წვეთების წვა, რომლებმაც შესაძლოა აანთოს ნიმუშის ქვეშ არსებული ბამბის ქვესადები. მეორე ეტაპი ადგენს, თუ ქვემოთ აღწერილ რომელ კატეგორიას მივაკუთვნოთ მასალა.

• **კატეგორია 5V.** ნიმუშები წარმოდგენილია ფირფიტის სახით, იგი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაშია. ამ კატეგორიის ნიმუშების გამჭოლი წვა ხდება ნახვრეტის გაჩენით.

• **კატეგორია 5V.** განიერი ფილის სახით წარმოდგენილი ნიმუში არ უნდა ამოიწვას გამჭოლად ანუ ცდის შედეგად არ უნდა წარმოიქმნას ნახვრეტი. ეს ითვლება UL 94 სტანდარტის ყველაზე მკაცრ კატეგორიად.

მექანიკური გამოცდები განხორციელდა 5 ტ სიმძლავრის ჰიდრაულიკურ წნეხზე (კუმშვა, მცირე ზომის 2x2x2 სმ კუბის ფორმის ნიმუშები), ვიკერსის/კნუპის ხელსაწყოზე (სისალე).

**შედეგები**

ინფრაწითელი სპექტრები გვიჩვენებს, რომ პოლიმერიზაციის შედეგად არ გაწყვეტილა ძირითადი მახასიათებელი ბმები (*Si-O-R*; *R-O-C=O*). სავარაუდოდ რეაქცია წავიდა პოლიმერის სტრუქტურაში არსებულ არომატულ ბირთვში. თხელფენოვანმა ქრომატოგრაფიამ გვიჩვენა, რომ ტეოს-ის დამატებამ გამოიწვია გარკვეული ქიმიური გარდაქმნა, რომლის შედეგად ახალ პროდუქტში იგი გვაქვს საწყის პოლიესტერთან ერთად.

ცდებით დადგინდა, რომ 500 °C რამდენიმე წუთიანმა ზემოქმედებამ გამოიწვია პლასტბეტონის ნიმუშების მკვეთრი დეფორმაცია და დესტრუქციული პროცესების განვითარება, რაც გამოიხატა აქროლადი ნივთიერებების გამოყოფაში. 350 °C-ზე ათწუთიანი ზემოქმედების შედეგად მასალა ინარჩუნებს მონოლითურობას, მაგრამ აქროლადი ნივთიერებების გამოყოფას კვლავ აქვს ადგილი. მაშასადამე, მაღალ ტემპერატურებზე (>200 °C) პლასტბეტონი არ არის მუშაუნარიანი. ამიტომ ექსპერიმენტები გაგრძელდა ამაღლებული ტემპერატურების (<200 °C) ზემოქმედების პირობებში. კერძოდ, სამუშაოები ჩატარდა 80 °C და 160 °C ტემპერატურებზე. ამ ტემპერატურებზე ნიმუშების დაყოფნებამ შეადგინა 100 სთ. ეს ხანგრძლივობა საკმარისია იმისათვის, რომ მასალის შემდგომი ხანმოკლე მექანიკური გამოცდის შედეგად დავაკვირდეთ სიმტკიცისა და სისალის ცვლილების ტენდენციებს.



პლასტბეტონის სიმკვრივე 2 გრ/სმ<sup>3</sup> ფარგლებშია. მისი მოდიფიცირება ტეოს-ით იწვევს სიმკვრივის უმნიშვნელოდ შემცირებას. არამოდიფიცირებული პლასტბეტონის სიმკვრივე 80 °C...160 °C-ზე მცირდება უმნიშვნელოდ, 350°C-

ზე გახურება იწვევს სიმკვრივის 6 %-ით შემცირებას. ტეოს-ით მოდიფიცირებულ პლასტბეტონზე 80 °C...160 °C-ით ზემოქმედება, აგრეთვე 350°C-ზე ათწუთიანი გახურება სიმკვრივეს პრაქტიკულად არ ცვლის.

ცხრილი 1

პლასტბეტონის სიმტკიცე კუმშვისას, მეგპა

მასალა	20 °C *	350 °C	500 °C
არამოდიფიცირებული	143.6 (139.5; 157.0)**	134.1 (127.0; 138.2)	აალება, წვა
ტეოს-ით მოდიფიცირებული	135.3 (127.5; 138.5)	153.4 (148.0; 157.5)	ოგვე

**შენიშვნა:** \* მოყვანილია შედარებისთვის; \*\* აქ და შემდგომში (მოყვანილია მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები); 350 °C-ზე მოდიფიცირებული პლასტბეტონი, არამოდიფიცირებულისაგან განსხვავებით, არ დაზარდება.

ცხრილში 1 მოყვანილია 350 °C და 500 °C-ზე ზემოქმედების შემდეგ პლასტბეტონის სიმტკიცის მნიშვნელობები კუმშვისას.

მასალის პოლიმერული კომპონენტის მოდიფიცირება იწვევს სისალის შემცირებას 20 %-ით. ტემპერატურის მატებასთან ერთად არამოდიფიცირებული და მოდიფიცირებული პლასტბეტონის სისალები თანაბრდება და შეადგენს დაახლოებით 30HV (ცხრილი 2.)

ცხრილი 2

პლასტბეტონის სისაღე სხვადასხვა ტემპერატურაზე, HV

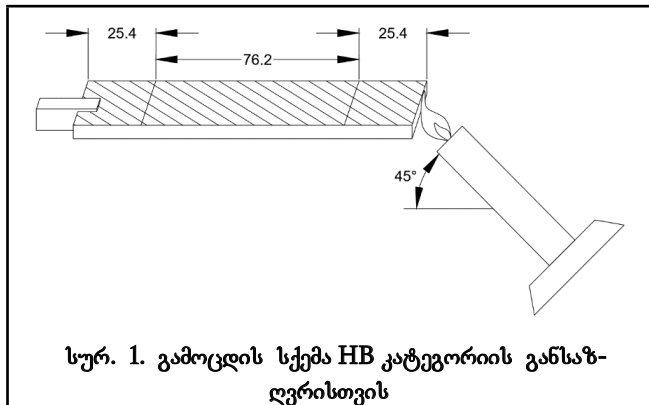
მასალა	ტემპერატურა, °C			
	20	80	160	350
არამოდიფიცირებული	22.0 (20.6; 24.1)	20.7 (18.8; 22.7)	30.3 (26.4; 36.1)	32.1 (28.7; 34.9)
ტეოს-ით მოდიფიცირებული	17,5 (15.5; 19.5)	22,7 (17.9; 24.1)	28,6 (24.6; 32.9)	30,1 (28.4; 33.7)

მოდიფიცირებული პლასტბეტონის სიმტკიცე კუმშვისას ოთახის ტემპერატურაზე 6 %-ით ნაკლებია არამოდიფიცირებულ პლასტბეტონის სიმტკიცესთან შედარებით. ეს სხვაობა შენარჩუნებულია 80 °C და 160 °C ტემპერატურების ზემოქმედების შედეგადაც, თუმცა აღინიშნება სიმტკიცეების შესამჩნევი მატება 350 °C ტემპერატურის ხანმოკლე (ათწუთიანი) ზემოქმედების შედეგად. ტეოს-ით მოდიფიცირებული პლასტბეტონის სიმტკიცე 14 %-ით აჭარბებს არამოდიფიცირებული პლასტბეტონის სიმტკიცეს (ცხრ. 1). ამასთან ერთად, ამ ტემპერატურაზე ტეოს-ით

მოდიფიცირებული პლასტბეტონი არამოდიფიცირებულისაგან განსხვავებით, არ იზარება.

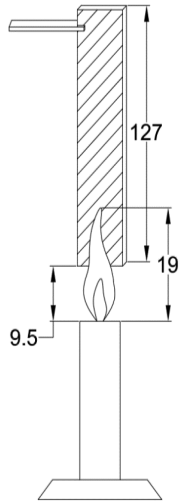
ქვემოთ წარმოდგენილია პლასტბეტონის გამოცდების შედეგები იმ პირობებში, რომლებსაც ითვალისწინებს UL 94 სტანდარტის თითოეული კატეგორია:

**კატეგორია HB.** ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მყოფი დაახლოებით 3 მმ-ის სისქის ნიმუშის (სურ. 1, 2) წვის სიჩქარემ შეადგინა 15 მმ/წთ. ამ პარამეტრით პლასტბეტონი შეიძლება მივაკუთვნოთ HB კატეგორიას.



**კატეგორიები V-0, V-1, V-2.** ვერტიკალურად დამაგრებული ნიმუშის (სურ. 3) წვა არ წყდება არც 10 წმ, არც 30 წმ-ის შემდეგ. წვეთები წვისას არ ჩნდება (სურ.

4). ასეთი ქცევის მიხედვით პოლიმერბეტონი არ შეიძლება მივაკუთვნოთ ზემოთ ჩამოთვლილ კატეგორიებს.

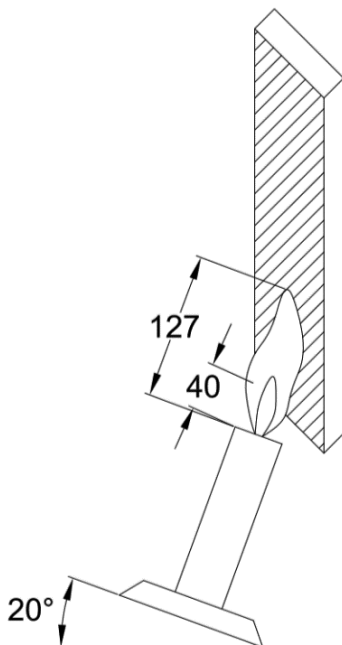


სურ. 3. გამოცდის სქემა V-0, V-1, V-2 კატეგორიის განსაზღვრისთვის



სურ. 4. ნიმუშის გამოცდის პროცესი V-0, V-1, V-2 კატეგორიის დადგენისას

**კატეგორია 5V.** ექსპერიმენტები ჩატარდა ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე გამოიცადა ვერტიკალურად ჩამაგრებული ნიმუში. სქემა და პროცესი მოცემულია სურათზე 5, 6. ღია ცეცხლის ხუთჯერ ხუთწამიანი ზემოქმედების შედეგად გაირკვა, რომ მასალის აალება არ ხდება, ადგილი არ აქვს არც აალებას და არც ფუჟვას.



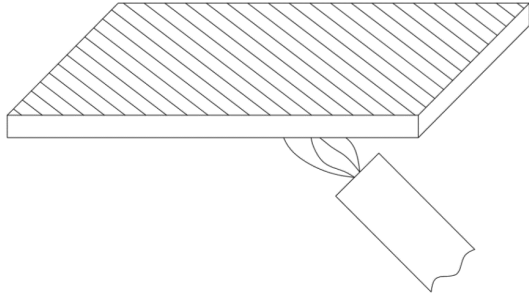
სურ. 5. გამოცდის სქემა 5V კატეგორიის განსაზღვრისთვის



სურ. 6. გამოცდის პროცესი 5V კატეგორიის დადგენისას

მეორე ეტაპზე გამოიყენა იმავე სისქის განიერი ფილა. გამოცდის სქემა და პროცესი მოცემულია სურათზე 7, 8. ამ ექსპერიმენტების შედეგად დავადგინეთ,

რომ ნიმუშების გამჭოლი ამოწვა ნახვრეტების გაჩენით არ ხდება მათზე ცეცხლის სუთჯერ სუთწამიანი ზემოქმედების შედეგად.



სურ. 7. გამოცდის სქემა 5V კატეგორიის განსაზღვრისთვის



სსურ. 8. გამოცდის პროცესი 5V კატეგორიის დადგენისას

**დასკვნა**

1. პოლიესტერული ფისის ტეტრაეთოქსისილანით მოდიფიცირებისას პოლიმერის ძირითადი მახასიათებელი ბმების გაწყვეტა არ ხდება. სავარაუდოდ, მოდიფიკაციის შედეგად რეაქცია მიდის პოლიმერის სტრუქტურაში არსებულ არომატულ ბირთვში. გარკვეული ქიმიური გარდაქმნის პროცესის მიმდინარეობა დასტურდება თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიით.
2. ამაღლებული ტემპერატურები (80 °C...160 °C) უარყოფითად არ მოქმედებს როგორც არამოდიფიცირებულ, ისე მოდიფიცირებულ პოლიესტერული ფისის საფუძველზე დამზადებულ პლასტბეტონზე. პირიქით, ხდება სისაღისა და სიმტკიცის მატება. ტეტრაეთო-

- ქსისილანის ეფექტურობა კვლავდება მაღალ ტემპერატურაზე (350 °C). ამ ტემპერატურაზე მოდიფიცირებული პლასტბეტონი, არამოდიფიცირებულისაგან განსხვავებით, არ იზარება და სიმტკიცის ზრდასაც კი აჩვენებს (14 %-ით). 400 °C-დან იწყება პლასტბეტონის ინტენსიური თერმიული დაშლა და 500 °C ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად ხდება მისი აალება და სიმტკიცის სრული დაკარგვა.
3. აალების (წვადობის) მახასიათებლის მიხედვით, UL 94 სტანდარტის თანახმად, შემოთავაზებული პლასტბეტონი მიეკუთვნება HB კატეგორიას, აგრეთვე 5V კატეგორიის 5VA ქვეკატეგორიას.

**ლიტერატურა**

1. N. Chikhradze, G. Abashidze, D. Tsverava, S. Kvinikadze. Study of the behavior of polymer concrete to shock loading. The Eleventh Japanese-Mediterranean Workshop on Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting, Multifunctional and Nanomaterials (JAPMED'11), Batumi, 2019.
2. N. Chikhradze, Fernand Marquis, G. Abashidze, D. Tsverava. Production of Corrosion-Resistant Polymer Concrete Reinforced with Various Fibers, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 362, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2019), Prague, Czech Republic, 2019.
3. O. Elalauri, E. Ghorbel, V. Mignot and M. B. Ouezdou. "Mechanical and physical properties of epoxy polymer concrete after exposure to temperatures up to 250°C.

- "Construction and Building Materials", vol.27, no. 1, pp. 415-424, 2012.
4. K. S. Rebeiz - Time-temperature Properties of polymers concrete using recycled PET. "Cement and Concrete Composite", vol, 17, no. 2, pp. 119-124, 1995.
5. M. C. S. Ribeiro, P.R.Novoa, A. J. M. Ferreira, and A. T. Marques. Flexural performance of polyester and epoxy polymer mortars under severe thermal conditions, Cement and Concrete Composites, vol. 26, no. 7, pp. 803-809, 2004.
6. A. C. Manalo, E. Wani, N. A. Zukarnain, W. Karunasena, and K. T. Lau. Effects of alkali treatment and elevated temperature on the mechanical properties of bamboo fibre - polyester composites, Composites Part B: Engineering, vol. 80, pp. 73-83, 2018.

TSVERAVA D., BEZHANOV F., KVINIKADZE S.,  
VANISHVILI A., KIRTHADZE L., ABASHIDZE G.  
TEST RESULTS OF POLYMER CONCRETE  
AT ELEVATED AND HIGH TEMPERATURES  
AND ON INFLAMMATION  
(FLAMMABILITY)

ЦВЕРАВА Д.Т., БЕЖАНОВ Ф.Х.,  
КВИНИКАДЗЕ С.М., ВАНИШВИЛИ А.Л.,  
КИРТАДЗЕ Л.Б., АБАШИДЗЕ Г.С.  
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПЛАСТБЕТО-  
НОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ И ВЫСОКИХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ И НА ВОСПЛАМЕНЕНИЕ  
(ГОРЮЧЕСТЬ)

**ANNOTATION.** The article presents the test results of polymer concrete at elevated (up to 200°C) and high (>200°C) temperatures, and also on the effect of open flame. Data on the use of tetraethoxysilane (TEOS) to reduce the negative influence of these factors are presented. Effect of open flame has been studied in accordance with international standards UL 94.

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены результаты испытаний пластбетона при повышенных (до 200 °С) и высоких (>200 °С) температурах, а также на воздействие открытого огня. Приведены данные об использовании тетраэтоксисилана (ТЭОС) для уменьшения негативного влияния этих факторов. Воздействие открытого огня было изучено в соответствии с международными стандартами UL 94.

**KEY WORDS:** polymer concrete, elevated and high temperatures, inflammation (flammability) category, tetraethoxysilane.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пластбетон, повышенная и высокая температуры, категория воспламенения (горючести), тетраэтоксисилан.

შპს 620.193.01

**აკად. დოქტორი ლ. ლელუაშვილი, ინჟინერი დოქტორი თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტირიაკოვა**  
**მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დაფიქსირება**

**ანოტაცია:** სტატიაში წარმოდგენილია მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების და ნაგებობების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დაფიქსირების მოწყობილობა, რომელიც შეიცავს ცვლადი დენის წყაროს, გამმართველს, შესრულებულს შემხვედრ-პარალელურად შეერთებული დიოდებისა და რეზისტორების სახით, კოქსის დანაყარში მოთავსებული ლითონის ფირფიტისაგან შემდგარ ანოდურ დაფიქსირებას, რომელიც შესრულებულია კონდენსატორის სახით. კონდენსატორის ერთ შემონაფენს წარმოადგენს კოქსის დანაყარი, ხოლო მეორეს-დიალექტრიკით დაფარული ლითონის ფირფიტა. ფირფიტა მიერთებულია ცვლადი დენის წყაროს ერთ-ერთ გამომყვანთან, მეორე გამომყვანი კი შემხვედრ-პარალელურად მიერთებული დიოდებისა და რეზისტორების გავლით, მიერთებულია მილსადენთან. მოწყობილობაში ანოდსა და კოქსის დანაყარს შორის გადის წანაცვლების(ინდუქციის) დენი, რომლითაც არ შეიძლება წარმოიქმნას ელექტროლიზი.

**საკმანძო სიტყვები:** ელექტროქიმიური კოროზია; კოქსის დანაყარი; დენი; კონდენსატორი; დიალექტრიკი; დიოდი; რეზისტორი; ლითონის ფირფიტა; კათოდი.

მსოფლიოში მრეწველობისა და ტრანსპორტის სწრაფ-მა განვითარებამ გამოიწვია მიწისქვეშა კომუნიკაციებისა და ნაგებობების მშენებლობის მკვეთრი ზრდა, როგორცაა გაზსადენები, ნავთობსადენები, წყალსადენები, კაბელები და სხვა. მრეწველობის ყველა სფეროს რიტმული მუშაობა მეტწილად დამოკიდებულია მიწისქვეშა კომუნიკაციების და ნაგებობების საიმედოობაზე. მათი შეფერხებულად

მუშაობის ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს წარმოადგენს ელექტროქიმიური კოროზია. სწორედ ელექტროქიმიური კოროზიის შედეგად ასეული მილიონობით ზარალი ადგება ქვეყნის მრეწველობას, მათ შორის მიწისქვეშა მაგისტრალურ ნავთობ და გაზსადენებს. ენერგო-უსაფრთხოების დაკმაყოფილების თვალსაზრისით ძალზედ მნიშვნელოვანი და პერსპექტიულია მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების კოროზიულ დაზიანებებთან დაკავშირებული ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფა, რისკებისა და საფრთხეების შედეგების შეფასების ანალიზი. ქვეყნის მომავალი განვითარებისათვის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან გამოწვეული დაზიანებების მინიმუმამდე დაყვანა, რაც შესაძლებელია განხორციელებული იქნას ახალი თანამედროვე და ეფექტური დაცვის მოწყობილობების დანერგვით, კერძოდ, დაცვის ახალი სისტემების შექმნა და მათი გაუმჯობესებული თვისებების კომპლექსი მეტად პერსპექტიული და მოთხოვნადია. ბოლო წლებში ჩატარებული მნიშვნელოვანი კვლევების საფუძველზე და მათი სამეცნიერო და ტექნოლოგიური პოტენციალიდან გამომდინარე მიწისქვეშა კომუნიკაციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვამ განსაკუთრებული ყურადღება მიიქცია, რადგან მსოფლიოში ნაწარმი ლითონის 20 %-ს ანადგურებს კოროზია.

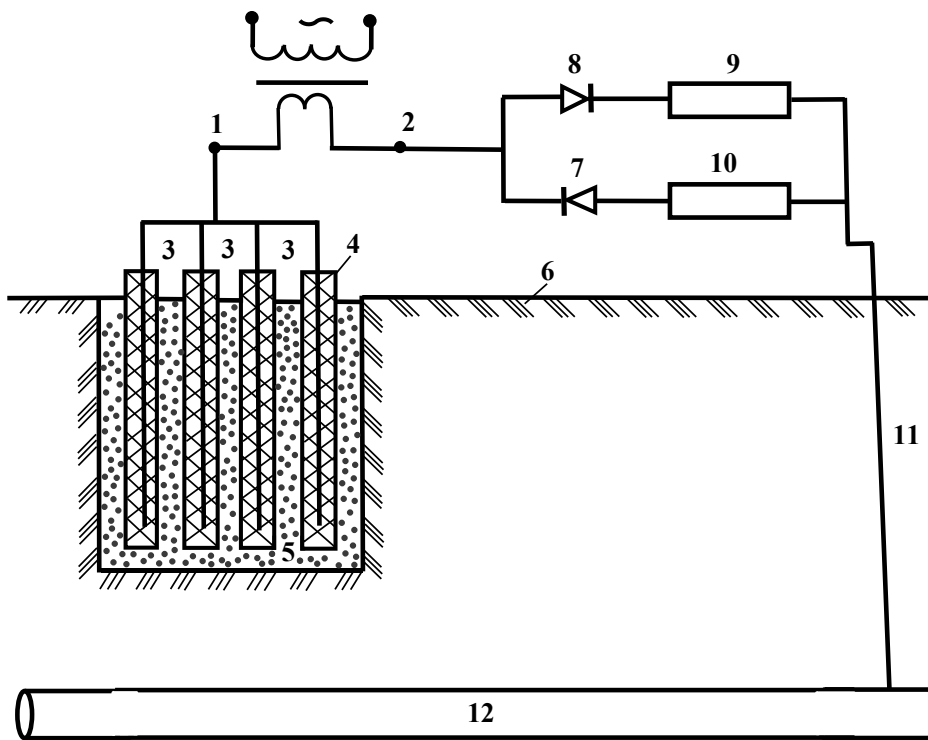
ჩვენს მიერ შესრულებული მიმოხილვის საფუძველზე დადგენილია, რომ ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესთანაა დაკავშირებული მიწაში მოთავსებული ლითონისა და მასზე გარშემორტყმულ ნიადაგში ელექტროლიზის მუხტების გადაადგილება. პროცესს თან სდევს ელექტროლიზის დენის გავლა, რის შედეგადაც წარმოიშობა რეა-

ქცის ორი მიმართულება მინუსი-კათოდური და პლუსი-ანოდური. მიწისქვეშ არსებული (ჩვენ შემთხვევაში) ლითონის მილსადენი ნიადაგთან იმყოფება ელექტრული კონტაქტში. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტრო გამტარი გარემო-ელექტროლიტი, რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე თვითნებურად წარმოიქმნება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი-კათოდური და ანოდური უბნები [1]. არსებულ ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ლითონის მილზე ერთდება მუდმივი დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსი, ხოლო დადებითი პოლუსი-ანოდურ დამმართველზე, რის შედეგადაც მილსადენის პოტენციალი გადაინაცვლებს უარყოფით მხარეს. ამ პროცესს ეწოდება კათოდური პოლარიზაცია. კათოდური პოლარიზაციის შედეგად მიწისქვეშა მილსადენი გადაიქცევა-კათოდად, ხოლო ანოდური დამმართველი-ანოდად [2]. ელექტროქიმიური კოროზიის დროს ეს უკანასკნელი თანდათან იშლება და გამოდის მწყობრიდან, რაც იწვევს მთელი დაცვის სისტემის მოშლას. დაცვის სიტუაში ანოდური დამმართველი წარმოადგენს ყველაზე საჭირო და აუცილებელ ელემენტს, რომლის ეფექტურ მუშაობაზეა დამოკიდებული მთელი დაცვის სისტემის წარმატებული მუშაობა. ამიტომ დღეისათვის ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის აღიარებული პრობლემა ანოდური დამმართველის დაშლა ელექტროლიზის შედეგად.

სტატიაში შემოთავაზებული პერსპექტიული და არატრადიციული მიდგომის სიახლე მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვისა მდგომარეობს იმაში, რომ ელექტროქიმიური კორო-

ზიისაგან დაცვა ხორციელდება ანოდური კონდენსატორის მოწყობილობით. ეს უკანასკნელი შეიცავს ცვლადი დენის წყაროს ორი გამოყვანილი. ერთი გამოყვანილი დაკავშირებულია მეტალურ ფირფიტასთან, რომელიც დაფარულია დიალექტრიკით და წარმოადგენს კონდენსატორული ანოდური დამმართველის ერთ შემონაფენს, ხოლო ანოდური დამმართველის მეორე შემონაფენს წარმოადგენს კოქსის ფხვნილი, რომელიც დაკავშირებულია ნიადაგთან. მეორე გამოყვანილი დაკავშირებულია მიწისქვეშა ლითონის მილის კათოდურ გამოყვანთან ურთიერთ შემხვედრ-პარალელურად შეერთებული დიოდებისა და წინააღმდეგობების გავლით. როდესაც დენის წყაროს პირველ გამოყვანს აქვს დადებითი ნიშანი იხსნება ერთი დიოდი ხოლო მეორე იკეტება. ამ შემთხვევაში დიალექტრიკზე ძაბვა მოდებული იქნება კოქსის ფხვნილის მხრიდან და მეტალური ფირფიტის მხრიდან. ამის შედეგად წრედში გაივლის განვლადობის დენი, ხოლო დიალექტრიკში შენაცვლების დენი (ინდუქციის დენი). ანალოგიურ მოვლენას ექნება ადგილი ძაბვის მეორე ნახევარ პერიოდში. მიწისქვეშა ლითონის მილის დამცავი პოტენციალის სიდიდე დამოკიდებულია წინააღმდეგობების სიდიდების ურთიერთ შეფარდებაზე. მათი ურთიერთ შეფარდების შეცვლით შესაძლებელი იქნება მიწისქვეშა ლითონის მილსადენზე დაცვისათვის საჭირო უარყოფითი პოტენციალის დამყარება [3].

ჩვენ მიერ დამუშავებული კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დამმართველის მოწყობილობის სქემა წარმოადგენილია ნახ. 1.



ნახ. 1. კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დამმართველი. 1 - ტრანსფორმატორის გამოყვანილი, რომელიც დაკავშირებულია მეტალურ ფირფიტასთან; 2 - ტრანსფორმატორის გამოყვანილი, რომელიც ურთიერთ-პარალელურად ჩართულ დიოდებისა და რეზისტორების გავლით დაკავშირებულია მიწისქვეშა ლითონის მილის კათოდურ გამოყვანთან; 3 - მეტალური ფირფიტა; 4 - დიალექტრიკი; 5 - კოქსის ფხვნილი; 6 - ნიადაგი; 7, 8 - დიოდები; 9, 10 - რეზისტორები; 11 - კათოდური გამოყვანილი; 12 - ლითონის მილი

სტატიაში წარმოდგენილი მოწყობილობის უნიკალურობა და უპირატესობა არსებულ ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემებთან შედარებით გამოიხატება შემდეგში: ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა ხდება მუდმივი დენის ნაკვალად ცვლადი დენით, ხოლო ანოდურ დამმართველად გამოიყენება ანოდური კონდენსატორი, რომელშიც გადის შენაცვლების დენი (ელექტრო-ინდუქციის დენი), რასაც არ შეუძლია გამოიწვიოს ელექტროლიზი რაც წამოადგენ ანოდური დამმართველის დაშლის ძირითად მიზეზს.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული დაცვის სისტემის სიახლე, სარგებლიანობა და ეფექტურობა დადასტურებულია საავტორო მოწმობით [3], რომელიც გასაიდუმლოებული იყო სახელმწიფოს მიერ.

**დასკვნები:**

1. მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა ხორციელდება არა მუდმივი, არამედ ცვლადი დენით, რომელიც ოცჯერ უფრო ნაკლებკოროზიულია ვიდრე მუდმივი დენი;
2. ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ანოდურ დამმართველად გამოიყენება კონდენსატორული ანოდური დამმართველი, რომელშიც გადის არა განვლადობის, არამედ შენაცვლების (ინდუქციის) დენი, რის შედეგადაც გამორიცხულია მისი დაშლა ელექტროლიზის შედეგად;

**LELUASHVILI L., RIGISHVILI T., LELUASHVILI G., STERYAKOVA S.**  
**CONDENSING ANODIC GROUNDING OF CATHODIC PROTECTION**

**ANNOTATION:** The novelty of perspective and non-traditional approach, presented in the paper, involves the entirely new method for protection of underground metallic structures and plants against electrochemical corrosion which lies in the fact that protection against electrochemical corrosion will be performed by anodic condensing method and by devices necessary for its realization. The latter contains the source of alternating current with two outputs. One output is connected with the metallic plate, which is covered by dielectric and presents one armature if condensing anodic grounding conductor and the second armature of the capacitor presents the coke powder, which is connected with the ground. Second output is connected with cathodic output of underground metal through diodes resistances connected mutually back-to-back parallel. When the first output of current source has positive sign, one diode is opened and second one is closed. In this case, the voltage on the dielectric will be applied from the side of coke powder and from the side of metallic plate. As a result in the circuit the conduction current passes and in the dielectric-intermittent (induction) current.

**KEY WORDS:** electrochemical corrosion; coke powder; current; condenser; dielectric; diode; resistor; metallic plate; cathode.

3. შემოთავაზებული დაცვის სისტემა მეტად მარტივი, ეფექტური და ორიგინალურია, რაც განაპირობებს მის დიდ კომერციულ პოტენციალს მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების (მაგისტრალური სამრეწველო გაზსადენები და ნავთობსადენები, კაბელები, საკომპრესორო და სატუმბო სადგურების მილსადენები, გაზისა და ნავთობის ჭაბურღილების გარსაცმი მილები, მიწისქვეშა რეზერვუარები, მიწისქვეშა გაზსაცავი სადგურები, ბენზოგასამართი და გაზგასამართი სადგურების მიწისქვეშა რეზერვუარები და სხვა) ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის ახალი სისტემების დამზადებასა და დანერგვაში.

**ლიტერატურა**

1. Тихомиров Е.Н. Монтаж, наладка и эксплуатация устройств электрохимической защиты. Недра, Ленинград, 1976. 133 с.
2. Волков Б.Г., Тесов Н.И., Шувалов В.В. Справочник по защите подземных металлических сооружений от коррозии. Недра, Ленинград, 1975. 224 с.
3. Херодинашвили И.Ш., Джапаридзе И.С., Лелуашвили Л.В., Хецуриани А.В. Анодный заземлитель для катодной защиты. А.С. 1246642 А1, 1084.

**LELUASHVILI L.V., RIGISHVILI T.P., LELUASHVILI G.L., STERYAKOVA S.I.**

**КОНДЕНСАТОРНЫЙ АНОДНЫЙ ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ ДЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ**

**АННОТАЦИЯ:** В статье представлено устройство конденсаторного анодного заземлителя катодной защиты от коррозии подземных металлических сооружений, содержащий источник переменного тока, выпрямитель, выполненный в виде соединенных встречно-параллельных диодов и резисторов. Анодное заземление, состоящее из металлической пластины, помещенной в коксовую засыпку выполненный в виде конденсатора. Одной обкладкой которого является коксовая засыпка, другой - металлическая пластина, покрытая диэлектриком, причем пластина соединена с одним выводом источника переменного тока, а другой его вывод через встречно-параллельные диоды и резисторы подключен к трубопроводу. Между анодом и коксовой засыпкой проходит ток смещения (ток электрической индукции) который не может вызвать электролиз.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** электрохимическая коррозия; коксовая засыпка; ток; конденсатор; диэлектрик; диод; резистор; металлическая пластина; катод.

**აკად. დოქტორი თ. ფირცხალავა**

**მტვრის ემისიის გაანგარიშება საკარიერო ავტოტრანსპორტის მუშაობისას**

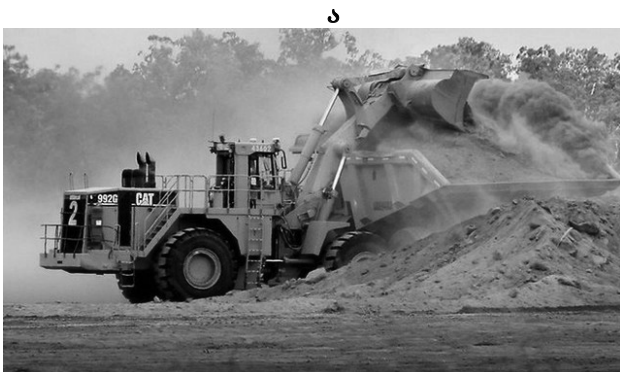
ანოტაცია. ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ღია წესით სასარგებლო წიაღისეულის დაბუშაებისას ტექნოლოგიური ტრანსპორტის ძირითად სახედ რჩება საავტომობილო ტრანსპორტი, რომელიც გამოიყენება მსოფლიოში მოპოვებული საბითუმის დაახლოებით 80 %-ის გადასაზიდვად (აშშ-ში, კანადაში და სამხრეთ ამერიკაში – 85 %, სამხრეთ აფრიკაში – 90 %-ზე მეტი, ავსტრალიაში – თითქმის 100 %). საკარიერო ავტოტრანსპორტის მუშაობისას გარემოზე უარყოფითი ანთროპოგენური ზემოქმედების შერბილების პრობლემის ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს მტვრის გაფრქვევით გამოწვეული ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების შემცირება. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ხარისხზე საკარიერო ავტოტრანსპორტის მუშაობისას მტვრის ემისიის გასაანგარიშებლად გამოყენებული იქნა საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტები, რომლებიც ადგენენ ჰაერის ხარისხის სტანდარტს. მოცემულია საკარიერო ავტოტრანსპორტის მუშაობისას მტვრის ემისიის პარამეტრების საანგარიშო ალგორითმი და საკარიერო ავტოთვიომცლელ БЕЛАЗ-7540-ს მუშაობისას გაფრქვეული მტვრის ემისიის გაანგარიშების შედეგები.

**საკვანძო სიტყვები:** კარიერი; ატმოსფერული ჰაერის დაცვა; ჰაერის დაბინძურების წყარო; საკარიერო ავტოტრანსპორტი; მტვრის ემისია; ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია; გაანგარიშების ალგორითმი; მტვრის ემისიის გაანგარიშება.

წიაღისეულის ღია წესით მოპოვებას, ჩვეულებრივ, უკავშირდება დიდ ტერიტორიებზე ტყეების გაჩეხვა და მცენარეული საფარის განადგურება, ლანდშაფტის ცვლილება, მიწისქვეშა, ზედაპირული წყლების და ნიადაგის დაბინძურება, იცვლება სოციალური გარემო [1, 2]. ერთერთ ნეგატიურ გამოვლინებას მიეკუთვნება მტვერაირის ნაწილაკებით ატმოსფეროს დაბინძურება, როგორც კარიერის სამუშაო ზონაში, ისევე საბითუმო საწარმოს მიმდებარე ტერიტორიაზე [3]. პრაქტიკულად ყველა საწარმოო ოპერაციას, რომელიც სრულდება კარიერებზე (ქანების ბურღვა, აფეთქებითი სამუშაოები,

ესკავაცია, საბითუმის ტრანსპორტირება, დასაწყობება), თან ახლავს მტვერწარმოქმნა. ღია წესით საბადოთა დაბუშაების პროცესში წარმოქმნილი მტვერაირის ემისია მნიშვნელოვნად აუარესებს გარემოს ხარისხს და ნეგატიურ გავლენას ახდენს კარიერზე მოქმედებულ პერსონალის და მიმდებარე ტერიტორიებზე განლაგებულ დასახლებულ პუნქტების მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე [4].

ღია წესით სასარგებლო წიაღისეულის დაბუშაებისას ტექნოლოგიური ტრანსპორტის ძირითად სახედ რჩება საავტომობილო ტრანსპორტი, რომელიც გამოიყენება მსოფლიოში მოპოვებული საბითუმის დაახლოებით 80%-ის გადასაზიდვად (აშშ-ში, კანადაში და სამხრეთ ამერიკაში – 85%, სამხრეთ აფრიკაში – 90%-ზე მეტი, ავსტრალიაში – თითქმის 100%) [5]. საავტომობილო ტრანსპორტი მნიშვნელოვანი მტვერწარმოქმნით ხასიათდება. მაგალითად, კოვლორის საბითუმ-მამდიდრებელი კომბინატის კარიერზე (რუსეთი) მტვრის ჯაბურ გამოყოფაში საავტომობილო ტრანსპორტის კუთრმა ემისიამ მიაღწია 97,2 %-ს [4]. საბითუმის ავტომობილის ძარაზე დატვირთვისას (იხ. ნახ. 1 ა), ნახშირის კარიერებზე მტვრის ემისია შეადგენს 3-4 გრ/წმ-ში, მადნეულის – 6-12 გრ/წმ-ში [5]. საბითუმის ტრანსპორტირებისას (იხ. ნახ. 1 ბ) მტვრის ემისია ერთი ავტომობილის მოძრაობისაგან აღწევს 0,3 კგ/წმ-ში, რის გამო მკვეთრად მცირდება ხილვადობა, იზრდება ინტერვალი მანქანებს შორის და მცირდება მოძრაობის სიჩქარე. უქარო ამინდში მტვრის დაღეჟვის დრო შლეიფში, ხილვადობის გაუმჯობესებამდე, ცვალებადობს 10-15 წმ-ს ფარგლებში, რაც ზრდის ავტომობილებს შორის საჭირო მინიმალური ინტერვალს 100-150 მ-დე (მოძრაობის სიჩქარე 18-30 კმ/სთ-ში) და ამცირებს კარიერის გზების გამტარუნარიანობას 2-3-ჯერ. კვლევის შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ჰაერის დამტვერიანობა ავტოგზების სიახლოვეს შეადგენს 0,5-10 კგ/მ<sup>3</sup>-ში, ხოლო 10 მკმ-ზე ნაკლები ზომის მტვრის ნაწილაკების კუთრი წილი 90-98%-ს აღწევს, რაც პნევმოკონიზით დაავადების სამიშროებას მნიშვნელოვნად ზრდის. გარდა ამისა, საკარიერო გზების მაღალი მტვერიანობა ავტომობილების ძრავის გაზრდილ ცვეთას იწვევს [4, 6].



ნახ. 1. მტვრის ემისია ავტოთვიომცლელის დატვირთვისას (ა) და ტვირთის გადაზიდვისას (ბ)

ღია სამთო სამუშაოების ობიექტების ატმოსფეროს შედგენილობის და მისი შეფასებისას გამოდიან მედიკობიოლოგიური მოთხოვნებიდან, ითვალისწინებენ მავნე მინარევების კონცენტრაციებს, მათი მოქმედების მიმართულებას, ტოქსიკურობის ხარისხს. ატმოსფერული ჰაერის დაცვის საკითხები რეგულირდება "ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ" საქართველოს კანონით და მისი მოთხოვნებიდან გამომდინარე მიღებული კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტებით [7-12]. გარემოსდაცვითი სტანდარტები ადგენენ გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის მოთხოვნებს და განსაზღვრავენ ჰაერში ადამიანის ჯანმრთელობისათვის და გარემოსათვის სასიფათო ნივთიერებების მაქსიმალურ დასაშვებ კონცენტრაციას. საწარმოს ექსპლოატაციის პროცესში მოსალოდნელია მტვრის ემისია, რომლის მაქსიმალური ერთჯერადი და საშუალო დღეღამური ზღვრულად დასაშვები კონცენ-

ტრაციები ( $C_{\text{ზღვ}})$  მოცემულია ცხრილში 1.

კარიერის დაპროექტების ეტაპზე, ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებების პროგნოზირებისას, უნდა სრულდებოდეს შემდეგი პირობა [8, 11]

$$\frac{C_m}{\text{ზღვ}_m} \leq 1, \quad (1)$$

სადაც  $C_m$  არის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მავნე ნივთიერებების გაანგარიშებული კონცენტრაცია დაბინძურების ყველა წყაროების ერთობლიობიდან, მგრ/მ<sup>3</sup>;  $\text{ზღვ}_m$  – შესაბამისი მავნე ნივთიერების მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგრ/მ<sup>3</sup>.

ცხრილი 1

ატმოსფერულ ჰაერში მტვრის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები [12]

მავნე ნივთიერების დასახელება	კოდი	ატმოსფერულ ჰაერში i-ური მავნე ნივთიერებების ზღვ, მგრ/მ <sup>3</sup>	
		მაქსიმალური ერთ-ჯერადი	საშუალო დღეღამური
შეწონილი ნაწილაკები-მტვერი	2902	0,5	0,15
მტვერი: 70-20 % SiO <sub>2</sub>	2908	0,3	0,1

ატმოსფერულ ჰაერში ერთდროულად რამდენიმე ჯამური ზემოქმედების მქონე მავნე ნივთიერების არსებობისას უნდა სრულდებოდეს პირობა

$$\frac{C_{m1}}{\text{ზღვ}_{m1}} + \frac{C_{m2}}{\text{ზღვ}_{m2}} + \dots + \frac{C_{mn}}{\text{ზღვ}_{mn}} \leq 1, \quad (2)$$

სადაც  $C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mn}$  არის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ერთსა და იმავე ადგილას მავნე ნივთიერებების გაანგარიშებული მაქსიმალური კონცენტრაცია დაბინძურების ყველა წყაროების ერთობლიობიდან, მგრ/მ<sup>3</sup>;  $\text{ზღვ}_{m1}, \text{ზღვ}_{m2}, \dots, \text{ზღვ}_{mn}$  – შესაბამისი მავნე ნივთიერების მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგრ/მ<sup>3</sup>.

როგორც ფუჭი ქანების, ისევე სასარგებლო წიაღისეულის ავტოთვითმცვლელებში ჩატვირთვა-გადმოტვირთვისას წვრილდისპერსიული მტვრის ემისიის გაანგარიშების პრობლემა მეტად მნიშვნელოვანია ჰაერის ხარისხის გასაუმჯობესებლად კარიერის სამუშაო ზონაში. მტვრის მაქსიმალური რაოდენობა გამოიყოფა ექსკავატორების, შედარებით უფრო ნაკლები, სატვირთველას (იხ. ნახ. 1 ა) მუშაობისას.

მტვრის ჯამური მასა ( $M_j$ , ტ/წელ), რომელიც ერთი წლის განმავლობაში გამოიყოფა ერთჩაფრინი ექსკავატორის მუშაობისას განისაზღვრება ფორმულით

$$M_j = q_j (3,6x\gamma x E x K_j / t_j) T_j x K_1 x K_2 x 10^{-3}, \quad (3)$$

სადაც  $q_j$  არის მტვრის კუთრი გამოყოფა 1 ტ

გადატვირთული მასალისაგან, გ/ტ;  $\gamma$  – ქანის სიმკვრივე, ტ/მ<sup>3</sup>;  $E$  – ექსკავატორის ჩაჩის ტევადობა, მ<sup>3</sup>;  $K_j$  – ექსკავაციის კოეფიციენტი;  $t_j$  – ექსკავატორის ციკლის დრო, წმ;  $K_1$  – ქარის სიჩქარის კოეფიციენტი;  $K_2$  – მასალის ტენიანობის კოეფიციენტი.

ერთჩაფრინი ექსკავატორით ავტოთვითმცვლელის დატვირთვისას მტვრის მაქსიმალური ერთჯერადი ემისია ( $M_{\text{max}}^j$  გრ/წმ) იანგარიშება ფორმულით

$$M_{\text{max}}^j = q_j x 3,6x\gamma x E x K_j x K_1 x K_2 / (1/3t_j) \quad (4)$$

ატმოსფერულ ჰაერში მტვრის წლიური ემისია ( $M_j$ , ტ/წელ), კარიერზე მომუშავე ყველა ავტოთვითმცვლელიდან იანგარიშება ფორმულით

$$M_j = 2(q_j x K_5 x L_j + q_b x K_5 x L_b) n_j x N_j x 10^{-3}, \quad (5)$$

სადაც  $q_j, q_b$  არის ავტოთვითმცვლელის მიერ მტვრის კუთრი გამოყოფა 1 კმ დროებითი და სტაციონარული გზის მონაკვეთზე, შესაბამისად, კგ/კმ;  $K_5$  – ავტოთვითმცვლელის საშუალო სიჩქარის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი;  $L_j, L_b$  – შესაბამისად, დროებითი და სტაციონარული გზის მონაკვეთების სიგრძე, კმ;  $n_j$  – ავტოთვითმცვლელის რეისების რაოდენობა წელიწადში;  $N_j$  – ავტოთვითმცვლელების რაოდენობა.

ავტოთვითმცვლელის მოძრაობისას მტვრის მაქსიმ-



ალური ერთჯერადი ემისია ( $M_{\max}^{\Delta}$ , გრ/წმ) იანგარიშება ფორმულით

$$M_{\max}^{\Delta} = 2 (q_{\Delta} \times K_5 \times L_{\Delta} + q_{\Delta} \times K_5 \times L_{\Delta}) n_{\Delta} \times N_5 / 3,6, \quad (6)$$

სადაც  $n_{\Delta}$  არის ავტოთვიომცლელის რეისების რაოდენობა 1 სთ-ში.

ავტოთვიომცლელის ძარიდან ქარის მიერ ატაცებული მტვრის ჯამური ემისია ( $M_{\Delta}^{\Delta}$ , ტ/წელ) იანგარიშება ფორმულით

$$M_{\Delta}^{\Delta} = q_{\Delta} \times S_{\Delta} \times N_{\Delta} \times L_{\Delta} \times n_{\Delta} \times K_1 \times K_2 \times 10^{-6}, \quad (7)$$

სადაც  $q_{\Delta}$  არის მტვრის კუთრი გამოყოფა 1 მ<sup>2</sup> ავტოთვიომცლელის ძარაზე დაყრილი სამთო ქანის 1 მ<sup>2</sup> ზედაპირიდან 1 კმ მანძილზე მისი ტრანსპორტირებისას, გრ/მ<sup>2</sup>;  $S_{\Delta}$  – ავტოთვიომცლელის ძარაზე დაყრილი სამთო ქანების ზედაპირის ფართი, მ<sup>2</sup>;  $N_{\Delta}$  – ავტოთვიომცლელის საშუალო რაოდენობა, რომლების წლის განმავლობაში ეწევიან სამთო ქანების გადაზიდვას კარიერის ტერიტორიაზე;  $L_{\Delta}$  – ტრანსპორტირების მანძილი;  $n_{\Delta}$  – რეისების რაოდენობა წელიწადში.

ავტოთვიომცლელის ძარიდან ქარის მიერ ატაცებული მტვრის მაქსიმალური ერთჯერადი ემისია ( $M_{\Delta}^{\Delta}$ , გრ/წმ) იანგარიშება ფორმულით

$$G_{\max}^{\Delta} = 2 (1,59 \times 1,7 \times 0,4 + 0,92 \times 3,5 \times 2,1) 4 \times 1 / 3,6 + 6 \times 18 \times 2,5 \times 4 \times 2 \times 2 / 3600 = 21,4 \text{ გრ/წმ.}$$

კარიერის ექსპლუატაციის პროცესში ატმოსფერული ჰაერში ავტოთვიომცლელის მუშაობისას მტვრის ემისიების მინიმიზაციის მიზნით მიზანშეწონილია გატარდეს შემდეგი შემარბილებელი ღონისძიებები [7, 9, 11]: პერსონალის ინსტრუქტაჟი სამუშაოების დაწყებამდე და შემდეგ პერიოდულად 6 თვეში ერთხელ; საკარიერო ავტოთვიომცლელის ტექნიკური გამართულობის უზრუნველყოფა; ტრანსპორტის მოძრაობის ოპტიმალური სიჩქარის დაცვა; გაზომვების ჩატარება და სათანადო რეაგირება; მტვრის გამოყოფის ადგილზე გამოყენებული უნდა იქნეს მტვერდამშობი ან მტვერდამჭერი საშუალებები; იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოყენებული საშუალებები ვერ უზრუნველყოფენ კარიერზე ჰაერის დასაშვებ ხარისხს ექსკავატორებისა, საბურღი დაზვების და სხვა მომუშავე მანქანების კაბინებს უნდა გაუკეთდეს იზოლაცია და მიეწოდოს გაწმენდილი ჰაერი; კარი-

$$M_{\Delta}^{\Delta} = q_{\Delta} \times S_{\Delta} \times N_{\Delta} \times L_{\Delta} \times n_{\Delta} \times K_1 \times K_2 / 3600. \quad (8)$$

საკარიერო ავტოთვიომცლელის მიერ მტვრის მაქსიმალური ერთჯერადი ჯამური ემისია ( $G_{\max}^{\Delta}$ , გრ/წმ)

იანგარიშება ფორმულით

$$G_{\max}^{\Delta} = M_{\max}^{\Delta} + M_{\Delta}^{\Delta}. \quad (9)$$

მაგალითი. განისაზღვროს საკარიერო ავტოთვიომცლელ БелАЗ-7540 მიერ მტვრის მაქსიმალური ერთჯერადი ჯამური ემისია ( $G_{\max}^{\Delta}$ , გრ/წმ) ფუჭი ქანის (თიხა) ტრანსპორტირებისას შემდეგი საწყისი პირობებისათვის: ავტოთვიომცლელის ტვირთამწეობა –  $P_{\Delta} = 30$  ტ, ძარის ფართი –  $S_{\Delta} = 14$  მ<sup>2</sup>; ტრანსპორტირების მანძილი სანაყარომდე –  $L_{\Delta} = 2,5$  კმ ( $L_{\Delta} = 0,4$  კმ;  $L_{\Delta} = 2,1$  კმ), ტრანსპორტირების სიჩქარე –  $v_{\Delta} = 15-30$  კმ/სთ, ქარის სიჩქარე  $v_{\Delta} = 7-8$  მ/წმ, რეისების რაოდენობა –  $n_{\Delta} = 4$ ,  $N_5 = 1$ ; ძარაზე დაყრილი გაფხვიერებული თიხების სიმკვრივე –  $\gamma = 1,8$  ტ/მ<sup>3</sup>, ტენიანობა –  $w = 0,5$  %.

ფორმულებში (6) და (8) შემავალი პარამეტრების მნიშვნელობები დაზუსტდა [15, 16] მეთოდის მიხედვით:  $q_{\Delta} = 1,59$  კგ/კმ  $q_{\Delta} = 0,92$  კგ/კმ,  $K_5 = 1,7$  (გზის დროებით მონაკვეთზე),  $K_5 = 2,0$  (მოხრეშილ გზაზე),  $q_{\Delta} = 6$  გრ/მ<sup>2</sup> კმ,  $S_{\Delta} = 18$  მ<sup>2</sup>.

ერის ცუდად განიავება და ყრუ ზონებში ბუნებრივი ჰაერშიმცვლის ინტენსიფიკაციისათვის უნდა მოეწეოს ხელოვნური ვენტილაცია ვენტილატორების ან სხვა საშუალებების დახმარებით. საკარიერო გზებზე მტვრის ჩასახშობად წლის ცივ პერიოდში და მოხრეშილი ზედაპირის ცვეთის შესამცილებლად წლის თბილ პერიოდში გზებს ამუშავებენ კალციუმის ან ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარებით. მაქსიმალური ეფექტი მიიღწევა გზის ზედაპირის დამუშავებისას კალციუმის ქლორიდის 30 %-ანი ხსნარით (ხარჯი 1,5-2 ლ/მ<sup>2</sup>) [17].

წარმოდგენილი შედეგები შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს საქართველოს ტერიტორიაზე ღია სამთო სამუშაოების ობიექტების ატმოსფეროს შემადგენლობის შეფასებისას საკარიერო ავტოთვიომცლელის მუშაობისას მტვრის მოსალოდნელი ემისიის გაანგარიშების ჩატარების დროს.

## ლიტერატურა

1. Коваленко В. С. Рациональное использование и охрана природных ресурсов при открытых горных работах. Охрана атмосферы. Электронная книга. «ЛитРес», 2018, 97 с. <https://www.litres.ru/vladimir-kovalenko-1/racionalnoe-ispolzovanie-i-ohrana-prirodnih-30816145/>

2. თ. ფირცხალავა, ნ. ბოჭორიშვილი. გარემოს დაცვის შესახებ ბაკურიანის ანდეზიტის საბადოზე. "სამთო ჟურნალი", №1(38), თბილისი, 2017. გვ. 226-230.  
3. თ. ფირცხალავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მაგნი ნივთიერებებით ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების შესახებ. "სამთო ჟურნალი", №1(42), თბილისი, 2019. გვ. 143-149.  
4. Иванов А. В. Снижение аэрозольного загрязнения

- атмосферного воздуха от производственных объектов ОАО «Ковдорский ГОК». Дис. на соиск. уч. ст. к. т. н. Санкт-Петербург, 2015, 206 с.
5. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. «Наука», Санкт-Петербург, 2004. 429 с.
  6. Сайкин А. М. Особенности проблемы снижения вредного воздействия автотранспорта на рабочий персонал в карьерах. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня, № 8. «Мир горной книги», Москва, 2008. с. 251-259.
  7. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის დადგენილება №450 “ტექნიკური რეგლამენტი კარიერების უსაფრთხოების შესახებ”. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2188761>
  8. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის დადგენილება №408 “ტექნიკური რეგლამენტი ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის ნორმების გაანგარიშების მეთოდიკა”. <http://eiec.gov.ge/თემები/Air/Legislation/Regulation/mtavrobis-dadgenileba-N408.aspx>
  9. საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 3 იანვრის დადგენილება №8 “ტექნიკური რეგლამენტი არახელსაყრელ მეტეოროლოგიურ პირობებში ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ”. <http://eiec.gov.ge/თემები/Air/Legislation/Regulation/mtavrobis-dadgenileba-N8.aspx>
  10. საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 6 იანვრის დადგენილება №42 “ტექნიკური რეგლამენტი ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების სტაციონარული წყაროების ინვენტარიზაციის მეთოდიკა”. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2189559>
  11. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის დადგენილება №448 “ტექნიკური რეგლამენტი ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებით დაბინძურების ინდექსის გამოთვლისა და ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დონეების მიხედვით განსაკუთრებით მაღალი დაბინძურების, დაბინძურებული და დაბინძურების არმქონე კატეგორიის რეგიონებისათვის ატმოსფერული ჰაერის მავნე
  - ნივთიერებით დაბინძურების ინდექსების სიდიდების შესახებ”. <http://eiec.gov.ge/თემები/Air/Legislation/Regulation/mtavrobis-dadgenileba-N448.aspx>
  12. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის დადგენილება №435 “ტექნიკური რეგლამენტი დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვევის ფაქტობრივი რაოდენობის განსაზღვრის ინსტრუმენტული მეთოდის, დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვევის ფაქტობრივი რაოდენობის დამდგენი სპეციალური გამზომ-საკონტროლო აპარატურის სტანდარტული ჩამონათვალისა და დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ტექნოლოგიური პროცესების მიხედვით ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვევის ფაქტობრივი რაოდენობის საანგარიშო მეთოდიკის შესახებ”. <http://eiec.gov.ge/Air/Legislation/Regulation/mtavrobis-dadgenileba-N435.aspx>
  13. Карьерный самосвал БелАЗ-7540. <http://fb.ru/article/318542/karerniy-samosval-belaz---tehnicieskie-harakteristiki-osobnosti-i-otzyivyi>
  14. Поклад Л. Н., Иванис П. В. Расчет выбросов вредных веществ в окружающую среду при работе карьерных самосвалов. В сборнике научных трудов конференции Белорусского национального технического университета: «Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов». «БНТУ», Минск, 2017. с. 268-272.
  15. Методика расчета выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей). [http://snipov.net/c\\_4654\\_snip\\_59758.html](http://snipov.net/c_4654_snip_59758.html)
  16. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий по производству строительных материалов. online. [zakon.kz/-Document/?doc\\_id=30372867](http://zakon.kz/-Document/?doc_id=30372867)
  17. Снижение запыленности на карьерных автодорогах. [studopedia.su/11\\_17807\\_snizhen...-avtodorogah.html](http://studopedia.su/11_17807_snizhen...-avtodorogah.html)

**ПИРЦХАЛАВА Т.Г.  
РАСЧЕТ ЭМИССИИ ПЫЛИ ПРИ РАБОТЕ  
КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА**

**АННОТАЦИЯ:** В работе показано, что при открытой разработке месторождений полезных ископаемых основным видом технологического транспорта остается автомобильный, на долю которого приходится около 80 % от перевозок добытой в мире горной массы (в США, Канаде и Южной Америке – 85 %, Южной Африке – более 90 %, в Австралии – почти 100 %). При работе карьерного автотранспорта одним из актуальных вопросов проблемы ослабления отрицательного антропогенного воздействия на природную среду является вопрос уменьшения загрязнения атмосферного воздуха выбросами пыли. Для оценки

64 *საპროექტო ტექნიკა, №1(43), 2020*

степени воздействия на загрязнение атмосферы выбросов пыли при работе карьерного автотранспорта были использованы нормативные документы Грузии, которые устанавливают стандарт качества воздуха. Приведены расчетный алгоритм и результаты расчета эмиссии пыли от карьерного автомобиля БелАЗ-7540.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** карьеры; загрязнение атмосферного воздуха; карьерный автотранспорт; эмиссия пыли; предельно допустимая концентрация; алгоритм расчета.

**PIRTSKHALAVA T.  
CALCULATION OF EMISSION OF DUST AT  
WORK OF CAREER MOTOR TRANSPORT**

**ABSTRACT.** It is shown in this paper that during the opencast development of mineral deposits the main type of technological transport is still automobile transport, which accounts for about 80% of the world's mined rock mass transportation (in the USA, Canada and South America - 85%, South Africa - more than 90%, in Australia - almost 100%). One of the topical issues in the operation of quarry vehicles is the issue of reducing the negative anthropogenic

impact on the environment, which is the reduction of air pollution by dust emissions. In order to assess the degree of impact of dust emissions from quarry vehicles on the atmosphere, Georgian regulations were used, which set the standard for air quality. The calculation algorithm and results of calculation of dust emission from the open-pit car BelAZ-7540 are given.

**KEY WORDS:** career; air pollution; career vehicles; dust emission; maximum permissible concentration; calculation algorithm.

შპს 504. 519.6

**აკადემიკოსი ლ. ჯაფარიძე, აკად. დოქტორი თ. გოვაჯიშვილი,  
აკად. დოქტორი მ. ლოსაზარიძე, ს. დიმიტრაშვილი  
გლობალური ტიპის კონსტრუქციული მიწვევით ტანკის მდგრადობის  
განსწავლის არსებული მეთოდების შედარებითი ანალიზი**

ანოტაცია. განხილულია უცხოელი და საბჭოთა მეცნიერების სამეცნიერო სტატიები და მონოგრაფიები. გაანალიზებულია მეწვევით მოვლენების წარმოშობა მიზეზები, მეწვევის სახეები და მათი მდგრადობის შეფასების არსებული მეთოდები. ნაჩვენებია, რომ მიუხედავად იმისა თუ მდგრადობის გაანგარიშების რომელ მეთოდს ავირჩევთ, მდგრადობის კოეფიციენტების სიდიდეები კონკრეტული მეწვევის პირობებისათვის მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და საანგარიშო სტრუქტურაში სარგებლობენ ურთიერთ მსგავსი გამამართლებელი დაშვებებით.

არსებული მეთოდების საილუსტრაციოდ შერჩეულია კონკრეტული ავტორების მეთოდები და კონკრეტული სამთო-გეოლოგიური პირობებისთვის გამოთვლილია მდგრადობის კოეფიციენტები. იგივე პირობებისათვის ჩატარებულია გამოთვლები ჩვენს მიერ დამუშავებული ორიგინალური რიცხვით-ანალიზური მეთოდით, პროგრამა Phase2-ის და Excel-ის გამოყენებით. მიღებულია დაბეჭდვის კომპონენტების და მდგრადობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები, რომლებიც თავისუფალია სხვებისგან გამამართლებელი დაშვებებისაგან.

აღნიშნული მეთოდი გამოყენებულ იქნა წყნეთი-სამაღლის 2015 წლის

მეწვევით მოვლენების შემდეგ დარჩენილი ბლოკების მდგრადობის საკითხის შესასწავლად.

საკმანძო სიტყვები: ბლოკური მეწვევი; კონსტრუქციული მეწვევი; მეწვევის მდგრადობა; რიცხვით-ანალიზური მეთოდი.

მთავარიანი რელიეფის ტერიტორიები საერთოდ და კერძოდ, საქართველოს მრავალი რეგიონი ხასიათდება მეწვევით მოვლენების მაღალი ხარისხით, სადაც არც თუ იშვიათია სხვადასხვა ტიპის და სიდიდის მეწვევით მოვლენა ადამიანთა მსხვერპლით და ღირსი მატერიალური ზარალით. გეოლოგიური სამსახურების მიერ შედგენილია მეწვევით მოვლენების ამსახველი სხვადასხვა სახის (ძირითადად წერტილმასშტაბიანი) რუკები. დამუშავებულია მეწვევით მოვლენების მდგრადობის

რაოდენობრივი შეფასების მეთოდები, ნორმატიული დოკუმენტები და რეკომენდაციები. დაგროვილია დიდი მოცულობის სპეციალური ლიტერატურა, თეორიული ცოდნა და პრაქტიკული გამოცდილება ამ მიმართულებით.

მეწვევით პროცესი არის მოვლენა, რომელიც ვითარდება მთის ფერდოს (ქანობის) მიერ მდგრადობის დაკარგვის შედეგად და წარმოადგენს ქანების მასივის გრავიტაციული და სეისმური ძალებით გამოწვეულ გადაადგილებას სხვა უძრავი ქანების მიმართ. გადაადგილებულ ტანს უწოდებენ მეწვევით ტანს, ხოლო ზედაპირს, რომელზეც ხდება გადაადგილება - სრიალის ზედაპირს [1].

ძირითად ობიექტებს, რომელთა დაშლა ხდება მეწვევით მოვლენების შედეგად წარმოადგენენ ფერდობები და ქანობები. ფერდობი (ფერდო) სამეცნიერო ლიტერატურაში განმარტებულია როგორც ლითოს-ფერდოს დახრილი ზედაპირი, რომელიც ჩამოყალიბდა რელიეფის წარმოქმნილი პროცესების ზემოქმედებით. ხოლო ქანობი წარმოადგენს ბუნებრივად ან ხელოვნურად შექმნილ ზედაპირს, რომელიც შემოსაზღვრავს სხვადასხვა შედგენილობის ყრილებს (გზის ყრილი, დამბა, მიწის კაშხალი და ა.შ.) [2].

მეტეოროლოგიური, სეისმური, გეოტექნიკური სამუშაოების და სხვა არაკონტროლირებადი ზემოქმედების შედეგად გრუნტის მასივი, შემოსაზღვრული ფერდოთი, შეიძლება წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოვიდეს, რაც შეიძლება გახდეს მეწვევით პროცესის განვითარების მიზეზი. ამდენად, ფერდოს (ქანობის) ერთ-ერთ გეოტექნიკურ მახასიათებლად ითვლება მისი მდგრადობა, რომელშიც იგულისხმება ფერდოს უნარი შეინარჩუნოს პროფილი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

ფერდობების და ქანობების მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება მის ყველა წერტილში მოქმედი ურთიერთსაწინააღმდეგო ძალების თანაფარდობით. ძალების ერთი ჯგუფი ცდილობს ქანების მასების დაძვრა-გადაადგილებას გრავიტაციის კანონის შესაბამისად, მეორე ჯგუფი კი ფერდობს წონასწორობის მდგომარეობაში აკავებს. ფერდობების მდგრადობა ირღვევა:

- ა) აქტიური (მძვრელი) ძალების გაზრდით;

ბ) წინააღმდეგობის ძალების (შეჭიდულობის და ხახუნის) შემცირებით;

გ) ორივე ფაქტორის ერთდროულად მოქმედებით.

ფერდოს მდგრადობის განსაზღვრის ამოცანებში ძირითად ძალოვან ფაქტორს წარმოადგენს გრუნტის კრიტიკული მასა. ეს ნიშნავს, რომ გარემოს ნებისმიერ წერტილში მოქმედებს გრავიტაციის ტენზორი და მთის ქანის გადაადგილება ხდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც ჩამომსრიალებელი (მძვრელი) ძალა გადააჭარბებს მასის წინააღმდეგობას ძვრისადმი საერთოდ ან გარკვეულ ზედაპირზე.

საზოგადოდ, სპეციალისტები გამოყოფენ მეწყერის შემდეგ სახეებს [3]:

• **ფერდოს გეოლოგიური აგებულების მიხედვით:**

- ასეკვენტური - ერთგვაროვანი, არაშრეობრივი, უპირატესად თიხოვანი ქანებში წარმოქმნილი მეწყერი, რომლის სრიალის ზედაპირი უმეტეს შემთხვევებში წრიულცილინდრულია;
- კონსეკვენტური - დახრილი შრეების ან ძირითადი ქანების და დელუვიონის გამყოფი ზედაპირის გასწვრივ მოძრაი მეწყერი;
- ინსეკვენტური - მეწყერი, რომლის სრიალის ზედაპირი კვეთს არაერთგვაროვანი ქანების ფენებს.

• **წარმოქმნის პირობების მიხედვით:**

- დელაფსური - ფერდოს ქვედა ნაწილში წარმოშობილი და აღმა განვითარებული მეწყერი;
- დეტრუხიული - ფერდოს ზედა ნაწილში ნაპრალის წარმოქმნით განვითარებული მეწყერი.

• **მოძრაობის აქტიურობის მიხედვით:**

- სტაბილიზებული მეწყერი;
- მოქმედი მეწყერი;
- განახლებული მეწყერი.

ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშების ისტორია 250 წელს ითვლის და ამ დროის განმავლობაში გამოქვეყნებულია 5000-ზე მეტი სტატია თუ მონოგრაფია. საკითხის შესწავლას მრავალმა საბჭოთა თუ უცხოელმა მეცნიერმა მიუძღვნა თავისი ნაშრომი. განსაკუთრებით აღსანიშნავია საბჭოთა მეცნიერები: ფ. პ. სავარენსკი, ნ.დ. დენისოვი, ნ.მ. გერსევანოვი, ნ.ნ. მასლოვი, ე.პ. ემელიანოვა, ა.ი. ფოკინი, გ.გ. რამიშვილი, ა.მ. დრანიკოვი, გ.ს. ზოლოტარიოვი, ვ.ვ. კიუნტცელი, ი.კ. ფომენკო, ვ.დ. ლომთაძე, კ.ა. გულაკიანი, გ.ს. ტერ-სტეფანიანი, გ.მ. შახუნიაძე, რ.რ. ჩუგაევი და სხვა. საზღვარგარეთელი მეცნიერები: ვ. ფრანსე, ვ. რენკინი, ფ. კეტერი, ჯ. პეტერსონი, ჩ. ვინკლერი, რ. ფელენიუსი, ნ. იანბუ, ა.ვ. ბიშოფი, კ. ტერცაგი, რ. შუსტერი, რ. კნიაზეკი, ჯ. ჰანი, ნ.რ. მორგენშტერნი, ვ.ე. პრაისი, სარმა, ტელიორი და სხვა.

საზოგადოდ ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშების განვითარების ისტორია მიღებულია დაიყოს 4 პერიოდად.

**პირველი პერიოდი გაგრძელდა 1820 წლიდან 1850 წლამდე.** ამ პერიოდში ჩაისახა გაანგარიშების მიმართულება. მეწყერული ტანების მდგრადობის საკითხების ანალიზურ შესწავლას საფუძველი დაუდო ფრანგმა მეცნიერმა ფრანსემ 1820 წელს, რომელმაც გამოიყენა კულონის ცნობილი გამოსახულება სხეულის ძვრისადმი

წინააღმდეგობის დამოკიდებულებისა და ტვირთის ინტენსივობასთან.

$$T = Ntg\varphi + c,$$

სადაც  $\varphi$  ტანის შინაგანი ხახუნის კუთხეა,  $c$  - შეჭიდულობის ძალა,  $N$  - ზოლო სრიალის ზედაპირად ჩათვალა სიბრტყე. ამის შემდეგ ვ. რენკინმა განიხილა დახრილი ზედაპირით შემოსაზღვრული უსასრულო მასივის წონასწორობის ამოცანა. მის მიერ იქნა შემოტანილი სრიალის ზედაპირის ცნება და შედგენილ იქნა თეორიის ძირითადი განტოლებები. სრიალის წრიულ ცილინდრული ზედაპირის ცნება მეწყერული ტანების მდგრადობის საკითხებში პირველად შემოიტანა ფრანგმა კოლენმა 1846 წელს, შემდეგ განავითარეს პეტერსონმა და პულტინგმა.

მეორე პერიოდი გაგრძელდა 1850 წლიდან მეორე მსოფლიო ომის დასაწყისამდე. ამ პერიოდში განვითარება პირობა ზღვრული წონასწორობის პრინციპზე დაფუძნებულმა ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშების მეთოდებმა. ჩამოყალიბდა მეთოდების განვითარების ორი მიმართულება:

- პირველი მიმართულება ეფუძნება ვ. რენკინის იდეებს და განაგრძობს ზღვრული წონასწორობისადმი მკაცრ მიდგომას. **ფ. კეტერმა** შეადგინა ფხვიერი ტანის ზღვრული წონასწორობის განტოლებები და ამოხსნა ფხვიერი ტანის სტატიკის ზოგადი ამოცანა. ამ პერიოდში დადგინდა, რომ მეწყერული ტანის ჩამოსრიალება ხდება რაღაც მრუდზე.
- მეორე მიმართულება ზღვრული წონასწორობის ე.წ. „გამარტივებულ“ თეორიას უკავშირდება, რომელიც გულისხმობს ზღვრული წონასწორობის პირობის დაკმაყოფილებას სრიალის ზედაპირზე. ამასთან ერთად ითვლებოდა, რომ ფერდოს დეფორმაცია ხდება გრავიტაციული წარმოშობის დაბეჭდვის მიერ გრუნტის ძვრაზე წინააღმდეგობის გადალახვის შედეგად. სწორედ გამარტივებული თეორიის საფუძველზე იქნა შექმნილი გაანგარიშების მეთოდები, რომლებიც დაკავშირებულია მეწყერული ტანის ვერტიკალურ სეგმენტებად დაყოფასთან. პირველად იგი გამოიყენა **ჯ. პეტერსონმა** 1916 წელს, რომლის საფუძველზეც შეიქმნა ე.წ. „შვედური მეთოდი“ [4].
- **მესამე პერიოდი** მოიცავს მე-20 საუკუნის 40-70 წლებს. სწორედ ამ პერიოდში შეიქმნა ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშების ძირითადი მეთოდები. 1954 წელს **ნ. იანბუმ** [5] (მეწყერულ ტანზე მოქმედი ძალების წონასწორობის პირობიდან გამომდინარე) და 1955 წელს **ა. ბიშოპმა** [6] (მეწყერულ ტანზე მოქმედი მომენტების წონასწორობის პირობის საფუძველზე) შეიმუშავეს მეთოდები, რომელთაც საფუძველად დაედო მეწყერული ტანის დაყოფა სეგმენტებად. 1965 წელს **ნ. მორგენშტერნმა და ვ. პრაისმა** [7], ხოლო 1967 წელს **ე. სპენსერმა** [8] თავიანთ მეთოდს საფუძველად დაუდეს მეწყერულ ტანზე მოქმედი ძალების და მომენტების ბალანსის პირობები. ამავე პერიოდში საბჭოთა კავშირში შემუშავებულ იქნა მრავალი მეთოდი, რაც გამოიწვია მეწყერების შესწავლის პროცესის გააქტიურებამ. მათგან მნიშვნელოვანია ვ. შახუნიაძის [9], ნ. მასლოვის, რ. ჩუგაევის, მ.

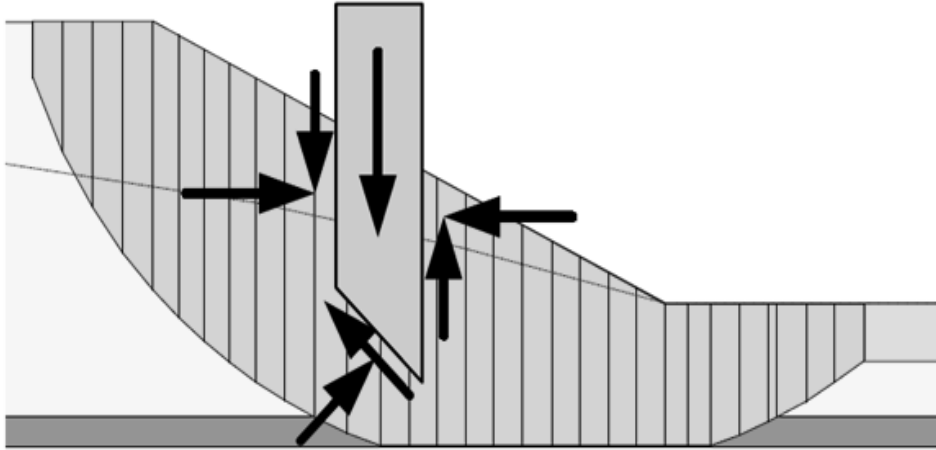
გოლდშტეინის, ვ. ტერ-სტეფანიანის, ე. ემელიანოვას და სხვათა შრომები.

- **მეთოთხე პერიოდი** იწყება გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან და გრძელდება დღესაც. იგი ხასიათდება კომპიუტერული ტექნოლოგიების და პროგრამირების მეთოდების სწრაფი განვითარებით, რამაც შესაძლებელი გახადა ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშებაში ახალი მიდგომების ჩამოყალიბება. 1970 წელს დ. ფრედლუნდმა შეიმუშავა ზღვრული წონასწორობის მეთოდი [10] და შეადგინა მისი კომპიუტერზე რეალიზაციის პროგრამა.

მეწყრული ტანის მდგრადობის ამოცანის ამოხსნის მეთოდები შეიძლება გაიყოს ორ ძირითად ნაწილად:

- ზღვრული წონასწორობის მეთოდი (GLE) და
- მსხები ძაბვების შემცირების მეთოდი (SSRM).

ზემოთაღნიშნული პერიოდებიდან პირველი სამი მიემდგვნა ზღვრული წონასწორობის მეთოდების განვითარებას, ხოლო მეოთხე პერიოდი - მსხები ძაბვების შემცირების მეთოდის განვითარებას.



ნახ. 1. მეწყრული ტანის დაყოფა ბლოკებად და ბლოკზე მოქმედი ძალები

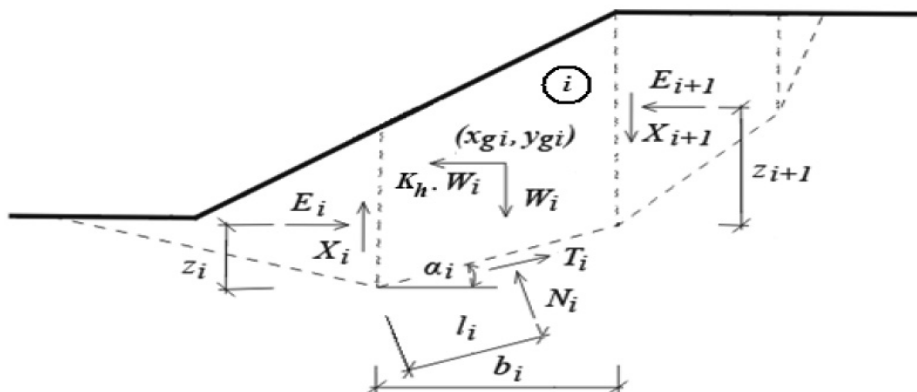
ზღვრული წონასწორობის მეთოდები სხვადასხვაგვარია, მაგრამ მათი საერთო ნიშანი არის ის, რომ ყველა ავტორი (გარდა ტეილორისა) იყენებს მეწყრული ტანის დაყოფას ვერტიკალურ ბლოკებად (ნახ. 1) გარკვეული ნიშნის მიხედვით და ცალკეული ბლოკის

მდგრადობის კოეფიციენტის განსაზღვრას სტატიკის (1) განტოლებების გამოყენებით. გრუნტი განიხილება, როგორც სრულიად არადეფორმირებადი ტანი და მისი ძვრისადმი სიმტკიცე თანაბარია სრიალის ზედაპირის გასწვრივ ყველა წერტილში.

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0; \quad \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0; \quad \sum_{i=1}^n M_{io} = 0 \quad (1)$$

იმ ფაქტის საილუსტრაციოდ თუ რა და რამდენი უცნობი არის განსასაზღვრავი და რა განტოლებებია მათ საპოვნელად მკვლევარის განკარგულებაში განვიხილოთ სარმას მეთოდი [11]. სადაც  $E_i, X_i$  - ბლოკთაშორის მოქმედი ნორმალური და მსხები ძალებია,  $N_i, T_i$  - სრიალის

ზედაპირზე მოქმედი ნორმალური და მსხები ძალები,  $W_i$ , - ბლოკის წონა, ხოლო  $K_h, W_i$  - პორიზონტალური ძალაა, რომელსაც სარმა იყენებს ზღვრული წონასწორობის მისაღწევად.



ნახ. 2. სტატიკური სქემა: სარმას მეთოდი

ზღვრული წონასწორობის გასაანგარიშებლად საჭი- ში), შემდეგი უცნობის (იხ. ნახ. 2)  $E_i, N_i, T_i, X_i, z_i, l_i$  როა  $n$  (სადაც  $n$  ბლოკების რაოდენობაა მეწყერულ ტან- პონა შემდეგი განტოლებებიდან:

ა) ჰორიზონტალური ძალების წონასწორობის პირობა

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = -F x_i + E_{i+1} - E_i$$

ბ) ვერტიკალური ძალების წონასწორობის პირობა

$$N_i \cos \alpha_i - T_i \sin \alpha_i = W_i - F y_i + X_{i+1} - X_i$$

გ) მომენტთა წონასწორობის პირობა

$$N_i l_i - X_{i+1} b_i \sec \alpha_i \cos \alpha_i + E_{i+1} z_{i+1} - E_i z_i - W_i (x_{gi} - x_i) - F x_i r x_i + F y_i r y_i = 0$$

დ) კულონ-მორის განტოლებები

$$T_i = N_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i b_i \sec \alpha_i$$

$$X_i = E_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i b_i$$

ცხრილი 1

სასრულო ელემენტების მეთოდის გამოყენებით გამოთვლილი ძაბვის კომპონენტების და მდგრადობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები

	$X_x$ კპა	$Y_y$ კპა	$X_y$ კპა	$\theta^\circ$	N კპა	T კპა	C კპა	$\varphi^\circ$	$N \cdot \tan + c$	K
1	44	60	33	16	62.9	32.6	10.30	26.53	42	
2	35	64	28	16	51.6	31.3	10.30	26.53	36	
3	32	69	24	16	48.0	30.3	10.30	26.53	34	
4	32	74	22	16	46.3	29.7	10.30	26.53	33	
5	31	79	20	16	45.3	29.3	10.30	26.53	33	
6	31	84	18	16	44.5	28.8	10.30	26.53	33	
7	31	87	16	45	74.5	27.9	10.30	26.53	47	
8	28	82	13	45	68.3	27.0	10.30	26.53	44	
9	26	77	11	45	62.2	25.7	10.30	26.53	41	
10	23	71	9	45	56.3	23.9	10.30	26.53	38	
11	21	65	7	45	50.4	21.9	10.30	26.53	35	
12	20	62	6	45	47.0	20.8	10.30	26.53	34	
13	22	69	5	-8	21.8	-1.1	10.30	26.53	21	
14	24	75	5	-8	24.0	-2.0	10.30	26.53	22	
15	26	82	5	-8	26.1	-2.7	10.30	26.53	23	
16	28	88	5	-8	28.0	-3.5	10.30	26.53	24	
17	28	88	4	-8	28.0	-4.0	10.30	26.53	24	
18	27	85	4	23	38.2	23.4	10.30	26.53	29	
19	25	81	3	23	35.9	22.2	10.30	26.53	28	
20	24	77	2	23	33.5	21.0	10.30	26.53	27	
21	22	73	2	23	31.0	19.5	10.30	26.53	26	
22	21	69	1	23	28.5	17.9	10.30	26.53	25	
23	19	64	0	23	26.0	16.2	10.30	26.53	23	
24	17	56	0	23	23.0	14.0	10.30	26.53	22	
25	14	45	-1	48	30.8	15.5	10.30	26.53	26	
26	11	34	-1	48	23.2	11.3	10.30	26.53	22	
27	8	22	0	48	15.7	7.2	10.30	26.53	18	
28	5	11	0	48	8.1	3.2	10.30	26.53	14	
					$\Sigma$	487.2		$\Sigma$	827	
									$K_s$	1.70

მასასადამე, ექვსი უცნობის საპონენლად გვაქვს ხუთი განტოლებისგან შემდგარი სისტემა. ამდენად, განტოლებათა სისტემა ამოხსნადი რომ გახდეს, საჭიროა რომელიმე გამორიცხვა ზემოთ ჩამოთვლილი უცნობებიდან. სარმამ ასეთად ბლოკთაშორის მოქმედი ჰორიზონტალური ძალების მოდების წერტილი აირჩია და ისინი ბლოკებს შორის საზღვრის შუაში მოსდო, რითაც მან  $Z_i$  უცნობები უგულებელყო და ამით გამოწვეული უზუსტობის ხარჯზე სისტემა გახდა ამოხსნადი. ანალოგიურ დაშვებებს თავი ვერ დააღწიეს სხვა ავტორებმაც (იანბუ, ბიშოპი და სხვა), რის გამოც მათ თავიანთ მეთოდებს გამარტივებული (simplified) უწოდეს.

ჩვენს მიერ “მხები ძაბვების შემცირების პრინციპზე”

დაყრდნობით, რაც ითვლება ახალ ერად მეწყერების ანალიზის თეორიაში [12], ქანების ძირითადი მასივის და დაცურების მიმართ საშის ტანში მოქმედი ძაბვის კომპონენტების გაანგარიშება ქანების მასივის გეომექანიკური მახასიათებლების კონკრეტული მნიშვნელობისათვის და სრიალის ზედაპირის წინასწარმოცემული კონფიგურაციისათვის ჩატარდა ფირმა „Rockscience“-ის სასრულო ელემენტების (FEM) პროგრამა „Phase2“-ის და „Excel“-ის გამოყენებით.

ძაბვის კომპონენტების მიღებული სიდიდეებისთვის და (2) ფორმულების მიხედვით გამოთვლილი იქნა ანალიზურად. მთავარი ნორმალური და მხები ძაბვების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 1.

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{X_x + Y_y}{2} + \frac{X_x - Y_y}{2} \cos 2\varphi + X_y \sin 2\varphi \\ T &= -\frac{X_x - Y_y}{2} \sin 2\varphi + X_y \cos 2\varphi \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ცხრილი 2

მღვრადობის კოეფიციენტის სიდიდე შეჭიდულობის კოეფიციენტის და შინაგანი ხაზუნის კუთხის სხვადასხვა მნიშვნელობისთვის

№	c კპა	φ გრად	K					
			ფელენიუსი	ბიშოფი	იანბუ	მორგენშტერნ-პრაისი	შახუნიანცი	Phase2
1	50	28	4.44	3.31	3.80	4.40	3.61	4.10
2	30	28	3.20	2.70	2.75	3.20	2.78	2.90
3	20	28	2.60	2.21	2.10	2.60	2.37	2.33
4	15	28	2.30	1.92	1.96	2.30	2.16	2.04
5	12	28	2.13	1.77	1.80	2.13	2.03	1.87
6	6	28	1.77	1.52	1.52	1.77	1.78	1.52
8	5	28	1.71	1.48	1.48	1.71	1.74	1.46
9	5	17	1.11	0.98	0.95	1.11	1.54	0.96

მღვრადობის კოეფიციენტი გამოთვლილია შემდეგი ფორმულით

$$K_s = \frac{\sum (Ntg \varphi + c)}{\sum T}$$

ფერდობის მღვრადობის გაანგარიშების მეთოდების ანალიზის საფუძველზე, მღვრადობის კოეფიციენტის გამოთვლის საილუსტრაციოდ შერჩეულ იქნა ფელენიუსის, ბიშოფის და იანბუს გამარტივებული და მორგენშტერნ-

პრაისის და შახუნიანცის მეთოდები. ქანების მასივის იგივე გეომექანიკური მახასიათებლებისთვის გამოთვლები განხორციელდა MS Exscel პროგრამის გამოყენებით.

გამოთვლების შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

ლიტერატურა

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология и инженерная геодинамика. Москва, Недра, 1977. 479 с.
2. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. Недра, Москва, 1972. 310 с.
3. Ptterson, K.E. The Early History of Circular Sliding Surfaces. Géotechnique, Vol. 5, 1955. pp. 275-296.
4. Janbu N. Application of composite slip surface for stability analysis. In: Proceedings of the European Conference on Stability of Earth Slopes. Stockholm, Sweden. Balkema, Rotterdam, 1954. pp. 43-49
5. Bishop A.W. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Géotechnique. №5, Great Britain, Vol. 5, No. 1, 1955. pp. 7-17.
6. Morgenstern N. R. and Price V.E. The analysis of the

- stability of general slip surface. Geotechnique, №15, 1965. pp.79-93.
7. Spencer E. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. Geotechnique, Vol. 17, 1967. pp. 11-26.
8. Шахунянц Г.М. О методике проектирования мероприятий по стабилизации земляного полотна. Техника железных дорог, 1944. 12 с.
9. Fredlund D.G., and Krahn J. Comparison of slope stability methods of analysis. Canadian Geotechnical Journal. №14 (3), 1977. pp. 429-439.
10. Sarma S.K. Stability Analysis of Embankments and Slopes. Géotechnique, Vol. 23(3), 1973. pp. 423-433.
11. Rocscience. A New Era in Slope Stability Analysis: Shear Strength Reduction Finite Element Technique. Strengthreduction.pdf. 2004.

**JAPARIDZE L., GOBEJISHVILI T., LOSABERIDZE M., DEMETRASHVILI S.**  
**COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR CALCULATING CONSEQUENTIAL LANDSLIDE BODIES OF BLOCK TYPE**

**ДЖАПАРИДZE Л.А, ГОБЕДЖИШВИЛИ Т.Г., ЛОСАБЕРИДZE М.В., ДЕМЕТРАШВИЛИ С.А.**  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОНСЕКВЕНТНЫХ ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕЛ БЛОЧНОГО ТИПА**

**ABSTRACT.** Scientific articles and monographs of foreign and Soviet scientists are considered. The causes of landslide phenomena, types of landslides and existing methods for assessing their stability are analyzed. It is shown that no matter what method of calculating stability we choose, the value of the stability coefficients for a certain landslide is slightly different from each other, and the calculation schemes have similar simplifying assumptions.

**АННОТАЦИЯ.** Рассмотрены научные статьи и монографии зарубежных и советских ученых. Анализируются причины возникновения оползневых явлений, типы оползней и существующие методы оценки их устойчивости. Показано, что какой бы метод расчета устойчивости мы ни выбрали, величина коэффициентов устойчивости для определенного оползня незначительно отличается друг от друга, а схемы расчета имеют аналогичные упрощающие допущения.

In order to illustrate the existing methods, the methods of specific authors were selected and the stability coefficients are calculated for specific mining and geological conditions. The calculations were carried out using the original numerical-analytical method developed by us using the computer programs Phase2 and Excel, the values of the Stress components and stability coefficients for similar mining and geological conditions were obtained.

С целью иллюстраций существующих методов, выбраны методы конкретных авторов и коэффициенты устойчивости рассчитаны для конкретных горно-геологических условий. Проведены расчеты с помощью разработанным нами оригинальным численно-аналитическим методом с использованием компьютерных программ Phase2 и Excel получены значения компонентов напряжения и коэффициентов устойчивости для аналогичных горно-геологических условий.

This method has been successfully used to study the issue of the stability of blocks remaining after the 2015 Tskneti-Samadlo landslide.

Данный метод успешно был использован с целью изучения вопроса устойчивости блоков, оставшихся после оползня Цкнети-Самадло 2015 года.

**KEY WORDS:** block landslide; consequences of landslides; landslide stability; numerical-analytical method.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** оползень блочного типа; консеквентный оползень; устойчивость оползня; численно-аналитический метод.



АКАДЕМИЧЕСКИЙ ДОКТОР ШАПАКИДZE Е.В., АКАДЕМИЧЕСКИЙ ДОКТОР СХВИТАРИДZE P.E., АКАДЕМИЧЕСКИЙ ДОКТОР КАМУШАДZE И.Г., АКАДЕМИЧЕСКИЙ ДОКТОР ГАБУНИЯ Л.В., АКАДЕМИЧЕСКИЙ ДОКТОР ГЕДЖАДZE И.В., МАГИСТР ЧЕИШВИЛИ О.Ю., МАГИСТР ПЕТРИАШВИЛИ Т.Т.

**РАЗРАБОТКА РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД С ЦЕЛЬЮ ИХ ПУЦЦОЛАНОВОЙ АКТИВАЦИИ**

**АННОТАЦИЯ.** *Статья посвящена исследованию возможности разработки режима термического модифицирования глинистых пород Грузии для получения высокоактивных пуццолановых добавок для цемента. С этой целью были изучены местные глинистые сланцы, аргиллиты и легкоплавкие глины методами химического, рентгенофазового, ДТА и т. д. Была установлена оптимальная температура и режим термообработки для каждой породы. Модифицированные добавки были испытаны на механическую прочность в композиции с цементом.*

*Установлено, что термически модифицированные глинистые породы при определенном режиме термообработки могут быть применены в качестве высокоактивной пуццолановой добавки в портландцемент. Применение этих добавок до 35 % даст возможность сократить долю клинкера в составе портландцемента без снижения механической прочности, а при добавлении около 6% модифицированных глинистых пород наблюдается значительное повышение механической прочности цемента.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *термическое модифицирование; пуццолановая добавка; глинистые породы.*

*Работа выполнена при поддержке Национального научного фонда Грузии им. Шота Руставели (SRNSFG) [грант № AR-18-343].*

Уже много десятилетий, как цемент и бетон являются основными строительными материалами и спрос на них безуклонно растет. Это связано, как с устройством бытовых условий (строительство жилищных, административных, торговых, развлекательных, медицинских учреждений). А также, с изменениями окружающей среды, таких как глобальное потепление планеты, масштабные наводнения, ураганы, землетрясения и др. стихийные бедствия, не говоря о локальных войнах, которые сопряжены с большим потоком беженцев и их обеспечением жилыми помещениями. Растущий спрос на цемент влечет за собой рост его дефицита.

Все перечисленные выше факторы не чужды для Грузии, поэтому большое значение для цементного производства страны имеет расширение собственной сырьевой базы, а особенно минеральных добавок, дефицит которых, наблюдается уже давно.

После распада Советского Союза, начиная с 1991 г., из-за появления таможенных пошлин на ввоз материалов и подорожания транспортных перевозок,

создался дефицит традиционных материалов, применяемых в качестве минеральной добавки в цементной промышленности Грузии. Производители цемента были вынуждены искать в самой Грузии альтернативные нетрадиционные материалы для их применения в производстве [1].

Известно, что производство цемента связано с большими затратами топливно-энергетических ресурсов. Поэтому, применение минеральных (пуццолановых) добавок в портландцемент является одним из эффективных решений этих проблем. Замена части клинкера минеральной добавкой способствует более рациональному потреблению природных ресурсов, а также снижает затраты на производство продукции, при сохранении высокой гидравлической активности цемента.

Вследствие ограниченного распространения природных добавок-пуццоланов представляет практический интерес возможность использования местного сырья, проявляющего гидравлические свойства и разработка способов повышения его активности.

В последние годы большой популярностью в мире пользуется метакаолин в качестве эффективной пуццолановой добавки к цементу [2]. Добавка метакаолина позволяет повысить плотность, водонепроницаемость и прочность цемента, тем самым дает возможность снизить расход клинкера – энергоемкого и дорогого продукта цементной промышленности. Получают метакаолин термообработкой каолиновых глин, месторождения которых строго ограничены. Поэтому ведутся разработки по исследованию возможности получения метакаолина из обычных полиминеральных глин и глинистых сланцев, что намного бы удешевило и сделало бы доступным получение этого материала [3, 4].

Из-за отсутствия местных природных пуццоланов расширение сырьевой базы минеральных добавок может быть достигнуто за счет термической модификации обычных глин и других глинистых материалов, обожженных при различных температурах, применение которых практикуется с давних пор [5 - 10].

С этой целью нами были изучены глинистые породы, широко распространенные в Грузии, такие, как глинистые сланцы, аргиллиты и легкоплавкие глины.

Качество пуццолановой добавки определяется его способностью связывать гидрат окиси кальция, образовавшийся вследствие гидратации цементных мине-

ралов в труднорастворимые гидросиликаты кальция, твердение и набор прочности которых определяют качество цементного камня.

Для исследования были использованы следующие глинистые породы: глинистые сланцы с берегов реки Дуруджи (южный склон Кавказского хребта), аргиллиты из Телети (близ г. Тбилиси) и три вида легкоплавких глин из Метехи, Мириани и Гардабани (все из Картлинского региона).

Минеральный состав глин определялся с помощью поляризационного микроскопа Optika В-383POL (Италия).

Для термогравиметрического анализа использовал-

ся дериватограф фирмы NETZSCH с анализатором STA-2500 REGULUS thermogravimetric and differential thermal analyzer (TG/DTA). Образцы нагревались до 1000 °С, в керамическом тигле, скорость нагрева 10 град/мин. Эталонное вещество  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре Дрон-4.0, НПП «Буревестник», с медным анодом и никелевым фильтром. U (напряжение kv)-35kv. I(ток mA)- 20mA. Скорость съёмки -2 градуса/мин.  $\lambda = 1,54178 \text{ \AA}$ .

Для определения пуццолановой активности модифицированных добавок применяли стандартный метод по GOST R 56593.

Таблица 1

Химический состав глинистых пород, масс. %

№	ппп	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	4.50	59.95	0.89	17.30	3.45	3.65	0.59	1.53	2.43	0.30	2.20	2.20
2	7.01	47.19	-	15.90	13.36	-	0.10	6.30	4.10	1.39	2.86	1.30
3	13.70	49.35	0.24	11.20	4.55	-	0.24	13.55	2.28	0.55	1.13	1.73
4	15.16	46.71	0.42	13.20	4.19	-	0.10	15.5	1.40	0.73	1.34	1.05
5	10.60	52.84	-	15.07	6.47	-	-	7.06	2.49	1.36	1.19	2.17

В таблице 1 приведены химические составы исследуемых материалов.

№1 – Сланец; №2 – Аргиллит; №3 – Глина (Метехи); №4 – Глина (Мириани); №5 - Глина (Гардабани).

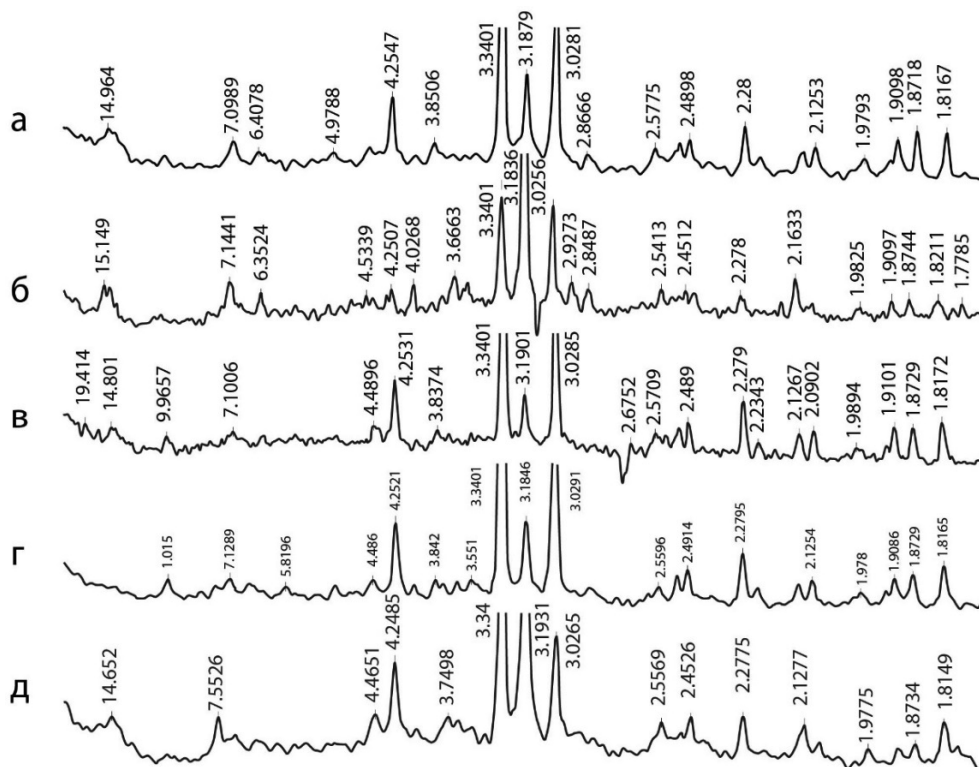


Рис. 1. Рентгенограммы глинистых пород: а – сланец, б – аргиллит, в – глина (Метехи), г – глина (Мириани), д – глина (Гардабани)

На рис.1 представлены рентгенограммы исследуемых глин где фиксируются наличие глинистых минералов (14.66 - 14.96, 7.14, 4.25, 3.66, 2.86, 2.327 Å); кварца (3.34 Å); полевых шпатов (3.87 Å), карбоната (3.03 Å).

Для определения температуры термической модификации глинистой породы, т. е. интервала температур, в котором последний переходит в активную – реакционноспособную модификацию, проводился термогравиметрический анализ глин. Кривые DTG показаны на рис. 2.

По данным дифференциально-термического анализа (рис.2) эндоэффект при 100 - 150 °С присутствует на всех кривых ДТА, который соответствует удалению физически связанной воды. В интервале температур

650-850 °С наблюдается эндоэффект, что очевидно связано с разрушением кристаллической решетки глинистых минералов и их переход в активную аморфную форму (метакаолин). Пик этого эндоэффекта при сравнительно низкой температуре (718 °С) наблюдается у Гардабанской глины, что говорит о высокой склонности этой породы к температурной активации – модифицированию.

Для определения температурных изменений минерального состава Гардабанская глина прокаливалась в лабораторной муфельной печи при температурах 550, 600, 700 и 800 °С, с выдержкой 1 час при максимальной температуре. Прокаленные образцы подвергались рентгенофазовому анализу (рис. 3).

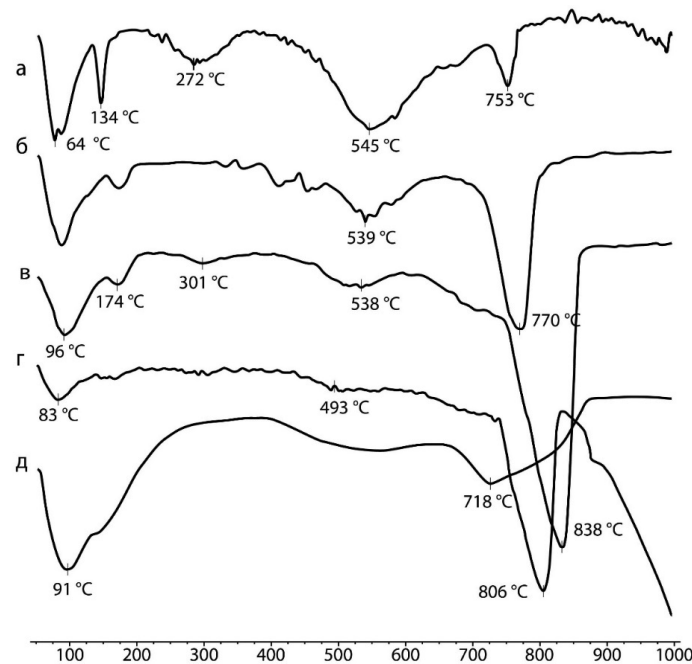


Рис. 2. Кривые DTG глинистых пород: а – сланец, б – аргиллит, в – глина (Метехи), г – глина (Мириани), д – глина (Гардабани)

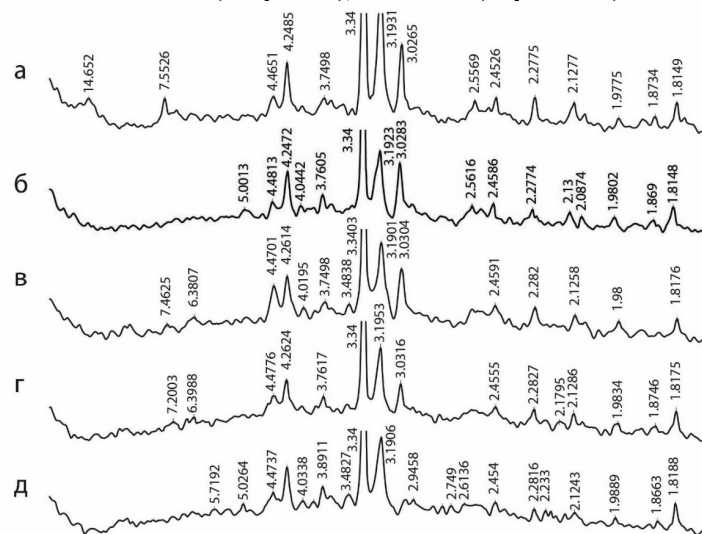


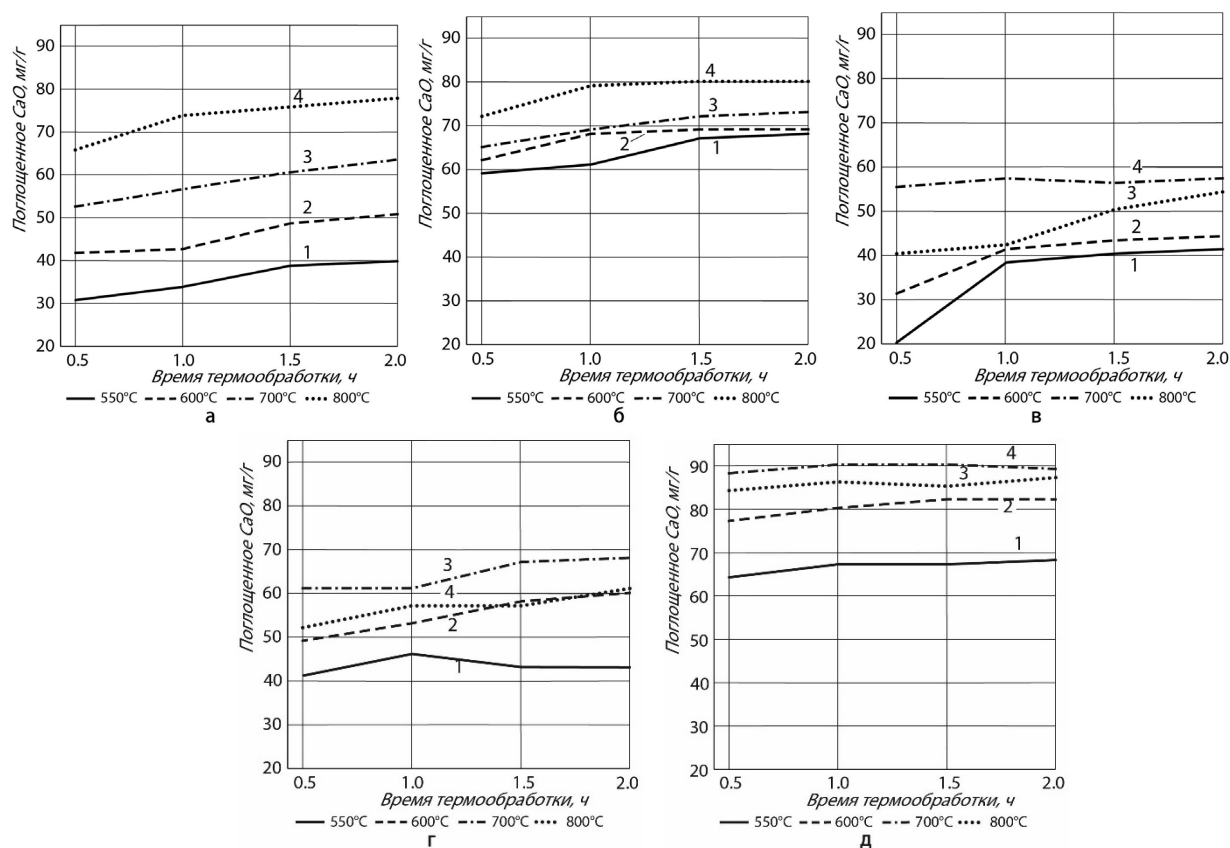
Рис. 3. Рентгенограммы Гардабанской глины: а – исходная (необожженная), б - обожженная при 550 °С, в - обожженная при 600 °С, г - обожженная при 700 °С, д - обожженная при 800 °С

На рентгенограммах (см. рис. 3) отчетливо просматриваются фазовые изменения материала с повышением температуры обжига. На дифрактограмме а (необожженная глина) присутствует глинистый минерал хлорит (14.66, 7.55, 4.46, 3.74 Å<sup>0</sup>). С повышением температуры обжига (б, в, г, д) количество хлорита уменьшается и появляется рентгеноаморфная фаза (в виде выпуклости).

Очевидно, что при температурной обработке глинистых пород от 550 °С начинается частичное разложение глинистой составляющей и появляются окислы SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в рентгеноаморфной - активной форме, т.е. обожженная глина приобретает пуццолановые свойства (способность связывать гидроксид кальция при твердении цементного камня в труднорастворимые гидросиликаты кальция). С повышением температуры

до 800 °С глина полностью разрушается и количество активной фазы растет, поэтому улучшаются и пуццолановые свойства обожженных глинистых пород.

Пуццолановая активность термообработанных добавок определялась методом поглощения извести из известкового раствора по ГОСТ Р 56592-2015 (Mineral admixtures for concretes and mortars. General specifications). По результатам проведенных испытаний (см. рис. 4) установлено, что все исследуемые добавки имеют разную пуццолановую активность в зависимости от температуры термообработки. По требованиям стандарта добавка обладает высокими пуццоланическими свойствами, если количество поглощенного СаО из насыщенного раствора более 70 мг/г, средними – от 30 до 70 мг/г и низкими – до 30 мг/г.



**Рис. 4. Кинетика поглощения СаО термообработанными глинистыми породами из насыщенного раствора: а – глинистый сланец, б – аргиллит, в – глина (Метехи), г - глина (Мириани), д – глина (Гардабани)**

Гардабанская глина, термообработанная при разных температурах показала лучшую скорость поглощения СаО из известкового раствора на всех этапах проведения испытания.

Реакционная способность по отношению к извести термообработанных глинистых пород объясняется прежде всего тем, что при 600—800 °С основной компонент глин — инертный каолинит  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  — обезвоживается и переходит в активный каолинитовый ангидрид - метакаолин ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), аморфизирован-

ный в результате удаления гидратной воды. В цементных композициях добавка метакаолина способствует образованию новых гидратных фаз. Активный кремнезем реагирует с известью, образуя гидросиликаты кальция, при этом активный глинозем образует стабильные гидроалюминаты и гидрогранаты. В результате реакции ионов  $Ca^{2+}$  и  $Al^{3+}$  с аморфным кремнеземом метакаолина образуются новые соединения, в том числе, прочный минерал стратлингит  $C_2ASH_8$  [11].

Механические испытания гидравлической актив-

ности цементов проводились в малых образцах (размером 2x2x2 см) из цементного теста нормальной густоты.

Цементы готовились с добавкой модифицированных глинистых пород с разной температурой термообработки и разным количеством добавок. Постоянным параметром для всех испытуемых цементов оставили время термообработки – 1 час. Для сравнения был при-

готовлен контрольный состав – без добавки (см. рис. 5).

Самые высокие значения по прочности показали цементы с добавкой 10% и 20% глины (Гардабани) и 20% аргиллита модифицированных при 700 °С. С повышением температуры до 800 °С прочность цементов немного снижается. Хотя, в случае с глинистым сланцем, прочность цементов растет с повышением температуры термообработки от 700 °С до 800 °С.

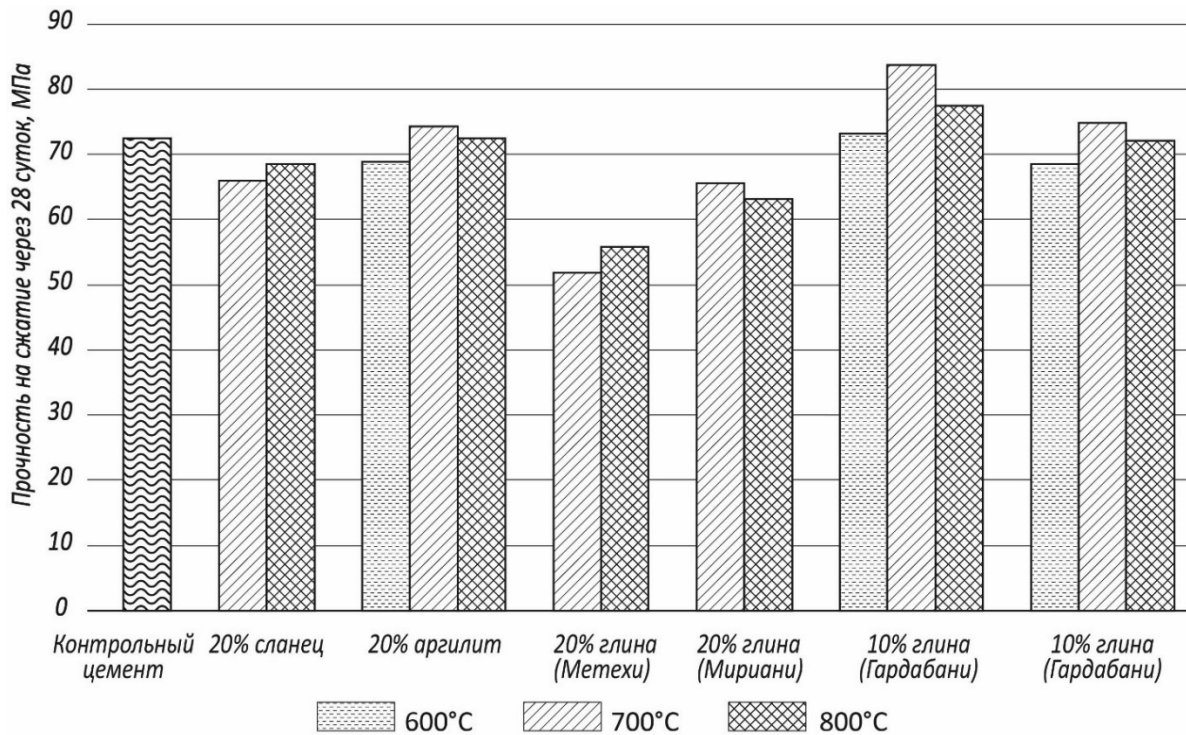


Рис. 5. Гидравлическая активность цементных образцов через 28 сут. твердения, содержащих разное количество добавки, с разной температурой модифицирования, с выдержкой 1 час.

Сравнивая результаты по поглощению СаО термообработанными глинистыми породами (Рис.4), не всегда наблюдается закономерность того, что гидравлическая активность цементов может быть предсказано только лишь на основании способности материала, при погружении его в насыщенный раствор гидроксида кальция быстро связывать большие ее количества. Это подтверждает существование некоторых противоречий между пуццолановой активностью минеральной и наборе высокой гидравлической активности, т. е. механической прочности в растворе или бетоне [12].

Очевидно, на гидравлическую активность цементов влияет содержание в минеральной добавке компонентов, способных при термической обработке претерпевать структурные изменения, ведущие к образованию

активных соединений, способствующих повышению механической прочности цемента. На гидравлическую активность портландцемента большое влияние оказывает также структура вводимой минеральной добавки.

На основании результатов данного исследования можно определить перспективные местные горные породы, которые при разработке режима температурного модифицирования с целью повышения пуццолановой активности, способны в значительном количестве сократить долю клинкера в составе портландцемента без снижения механической прочности. Такими являются, на наш взгляд, глинистый сланец, модифицированный при 800 °С, аргиллит и глина (Гардабани) – при 600 °С и 700 °С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Схвитаридзе Р., Шапакидзе Е., Геджадзе И., Корджахия Т., Цинцкаладзе Г., Гиоргадзе И., Верулава Ш. Использование природных и техногенных минеральных ресурсов в цементной

2. Dr. K. Srinivasu, M. L. N. Krishna Sai, Venkata Sairam Kumar N. A. Review on Use of Metakaolin in Cement Mortar and Concrete. International Journal

- of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 3, Issue 7, July 2014. pp. 14697-14701.
3. Siddigye R., Klaus I, Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete. Applied Clay Science. 2009. Vol. 43. No. 3-4. pp. 392-400.
  4. Гайфуллин А.Р., Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Влияние добавок глинистых в портландцемент на прочность при сжатии цементного камня. Инженерно-строительный журнал. №7, Санкт-Петербург, 2015. с. 66-73. DOI: 10.5862/MCE.59.7
  5. Scrivener K.L., Nonat A. Hydration of Cements Materials, Present and Future. Cement and Concrete Research. №41, 2011. p. 651-665.
  6. Ramachandran V.S. Concrete Admixtures Handbook – Properties, Science and Technology. 2nd ed. William Andrew Publishing. – New York, 1999. – 964 p.
  7. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R. Construction and mineral binders of past, present and future. Building Mater, 1, 2013, p. 124-128.
  8. Коновалов В.М., Гликин Д.М., Соломатова С.С. Использование аргиллитов в производстве смешанных цементов. Современные проблемы науки и образования. Издательский Дом «Академия Естествознания», № 2 (часть 2), Пенза, 2015. с. 96-98.
  9. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R, Gaifullin A. R., Influence of the addition of dispersed fine polymineral calcined clays on the properties of Portland cement paste. Advances in Cement Research, V. 29 (1), 2017, p. 21-32.
  10. Shapakidze E., Nadirashvili M., Maisuradze V., Gejadze I., Petriashvili T., Avaliani M., Todradze G. Elaboration of Optimal Mode for Heat Treatment of Shales For Obtaining Metakaolin. Eur. Chem. Bull. 2019, 8(1), 31-33. DOI: 10.17628/ecb.2019.8.31-33.
  11. Краснобаева С.А., Медведева И.Н., Брыков А.С., Стафеева З.В. Свойства материалов на основе портландцемента с добавкой метакаолина МКЖЛ. Цемент и его применение. №1(2), Санкт-Петербург, 2015. с. 50-55.
  12. Мальковри Дж. Пуццолановый портландцемент. Четвертый Международный конгресс по химии цемента. Стройиздат, Москва, 1964. с. 576-585.

**ე. შაპაკიძე, რ. სხვიტარიძე, ი. კამუშაძე, ლ. გაბუნია, ი. გეჯაძე, ო. ძეიშვილი, თ. პეტრიაშვილი**  
**თიხოვანი ქანების თერმული მოდიფიცირების რეჟიმის დამუშავების შესახებ**

**SHAPAKIDZE E., SKHVITARIDZE R., KAMUSHADZE I., GABUNIA L., GEJADZE I., CHEISHVILI O., PETRIASHVILI T.**  
**DEVELOPMENT OF THE REGIME OF THERMAL MODIFICATION OF CLAYEY ROCKS FOR THEIR POZZOLANIC ACTIVATION**

**ანოტაცია.** სტატია ეძღვნება საქართველოს თიხოვანი ქანების თერმული მოდიფიცირების რეჟიმის დამუშავებას ცემენტის მაღალაქტიური პუცოლანური დანამატების მისაღებად. ამ მიზნით ადგილობრივი თიხური ფიქლები, არგილიტები და ადვილადღებადი თიხები შესწავლილი იქნა ქიმიური, რენტგენოფაზური, დიფერენციალურ-თერმული და სხვა ანალიზის მეთოდებით. თითოეული ქანისთვის დადგენილი იქნა თერმული დამუშავების ოპტიმალური ტემპერატურა და რეჟიმი. მოდიფიცირებული დანამატები გამოცდილ იქნა მექანიკურ სიმტკიცეზე ცემენტების კომპოზიციებში.

**ANNOTATION.** The article is devoted to the study of the possibility of developing a regime of thermal modification of clay rocks of Georgia to obtain highly active pozzolanic additives for cement. To this end, local clay shales, mudstones and fusible clays were studied by chemical, X-ray phase, DTA, etc. The optimal temperature and heat treatment regime for each rock were established. Modified additives were tested for mechanical strength in the composition with cement.

დადგენილ იქნა, რომ მოდიფიცირებული თიხოვანი ქანები გარკვეული რეჟიმით დამუშავების შემდეგ შეიძლება გამოყენებულ იქნან პორტლანდცემენტის მაღალაქტიური პუცოლანური დანამატის სახით. მოდიფიცირებული თიხოვანი ქანების დამატება 35%-მდე საშუალებას იძლევა, რომ შემცირდეს კლინკერის წილი პორტლანდცემენტში ამ უკანასკნელის მექანიკური სიმტკიცის გაუარესების გარეშე, ხოლო მათი 6%-ით დამატებისას, ადგილი აქვს პორტლანდცემენტის მექანიკური სიმტკიცის მნიშვნელოვან ზრდას.

It has been established that thermally modified clay rocks under a certain heat treatment regime can be used as a highly active pozzolanic additive in Portland cement. The use of these additives to 35% will make it possible to reduce the share of clinker in Portland cement without reducing mechanical strength, and when adding about 6% of modified clay rocks, a significant increase in cement mechanical strength is observed.

**KEY WORDS:** thermal modification; pozzolanic additive; clay rocks.

**საკვანძო სიტყვები:** თერმული მოდიფიცირება; პუცოლანური დანამატი; თიხოვანი ქანები.

**აკად. დოქტორი ვ. ლოჯაზანიძე, აკად. დოქტორი ვ. ტაბატაძე, დოქტორანტი ვ. ნაწიბაძე**

**სამთრ-სამრინველო კლასტირინის ფორმირინის პოტიენცილის აქტუალური ასეეტივი იმირინის რევიონში**

ანოტირინი. ნაწრინში გაანალიზებულთა იმირინის რევიონში არსებულთ მინერალური რესურსების ძირითადი სახეობები, მარაგები და მათი გამოყენების პერსპექტიული შესაძლებლობები; დახასიათებულთ კლასტირინის სახეობები და განსაზღვრულთ მინერალური რესურსების ეფექტიანი ათვისებამში რევიონული და სამრეწველო კლასტირინის რამოყალიბების როლი და მნიშვნელობა, დამატებული ღირებულების ზრდის თვალსაზრისით; შემუშავებულთა წინადადებები და პრაქტიკული რეკომენდაციები იმირინის რევიონში კლასტირული პოლიტიკის ფორმირინისა და რეალიზაციის მექანიზმის ეტაპების თეორიულ-მეთოდოლოგიური საფუძვლების შესახებ.

საკმანდო სიტყვები: მინერალური რესურსები; მარაგები; ეკონომიკური ანალიზი; რევიონული ეკონომიკა; ბიზნეს სექტორი; კონკურენტურარინობა.

თანამედროვე პერიოდსა და პირობებში, მსოფლიოში გამოკვეთილთა რევიონების როლი და მნიშვნელობა სოციალური-ეკონომიკური სხვადასხვა ამოცანების ეფექტიანად გადაწყვეტის თვალსაზრისით, სადაც მნიშვნელოვანთა ცალკეულ ადმინისტრაციულ-ტერიტორიულ ერთეულში მიმდინარე პროცესების ეფექტიანი მართვა, განვითარების პერსპექტივებისა და ძირითადი მიმართულებების მეტნიერული განსაზღვრა და მათი ეფექტიანი რეალიზება, რაც თავის მხრივ, დადებითად მოქმედებს როგორც რევიონის სწორი მიმართულებით განვითარებაზე, ისე მისი პოზიციების გაუმჯობესებაზე კონკურენტულ გარემოში. რევიონის შესაძლებლობა მდგომარეობს იმაში, რომ შექმნას ისეთი ეკონომიკური პოტიენციალი, რომელიც უზრუნველყოფს პროგრესულ განვითარებას, მოსახლეობის შემოსავლების მაღალ და სტაბილურ ღონეს და საინვესტიციო რესურსების მოზიდვას. აქ მნიშვნელოვანთა რევიონის მინერალურ-სანედლეულო ბაზის და საზოგადოების სოციალური-ეკონომიკური განვითარებას შორის ურთიერთობების რაციონალური ოპტიმიზაცია.

იმირინის რევიონი მდიდარია და მნიშვნელოვან-

წილად გამოირჩევა საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული წიაღისეული სიმდიდრეების მრავალფეროვნებით, რომელთა უდანაკარგო, კომპლექსური და ეფექტიანი ათვისება, ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა ხელს შეუწყობს მათ ბაზაზე მომუშავე საწარმოთა რეაბილიტაციას და ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლებას, რათა რევიონში შეიქმნას ახალი სამუშაო ადგილები, მაქსიმალურად უზრუნველ-ყოფილ იყოს ადამიანური რესურსების დასაქმება და ინფრასტრუქტურის შემდგომი განვითარება, მოსახლეობის სტაბილური შემოსავლი და გაიზარდოს რევიონის კონკურენტურარინობა. რევიონის ეკონომიკის განვითარებისთვის ასევე მნიშვნელოვანთა ფინანსურ რესურსებზე ხელმისაწვდომობა, რევიონის ეკონომიკური აქტივობის ზრდისთვის აუცილებელია სახელმწიფოს მხარდაჭერა იმ პრობლემების გადაჭრამი, რომელიც უკავშირდება რევიონში ბიზნესგარემოს გაუმჯობესებას, ადგილობრივი წარმოების პროტექციონიზმს, ინფრასტრუქტურისა და ფინანსური შუამავლობის განვითარებას და სხვ.

ამჟამად იმირინში 100-ზე მეტი (სსიპ წიაღის ეროვნული სააგენტოს მასალების მიხედვით საქართველოში აღმოჩენილი 395 საბადოდან 109 საბადო, მათ შორის ყველაზე ბევრი მანგანუმის (26) და კირქვის (23) საბადოა, რომლებიც ჭიათურასა და თერჯოლაში მდებარეობს), მინერალურ-სანედლეულო რესურსის საბადოა აღრიცხული, რომელთაგან ნახევარზე მეტი საქსპორტოა (იხ. ცხრილი 1 და ნახ. 1).

ცხრილში 1 და ნახაზზე 1 და 2 მკაფიოდ ჩანს, რომ საქართველოს ყველა მხარე, ქვეყნის დედაქალაქის ჩათვლით, მინერალური რესურსების საკმაო მარაგის მქონეა. ამასთან, აფხაზეთი, აჭარა, გურია, სამეგრელო და ზემო სვანეთი, იმერეთი და ქვემო ქართლი შეიცავს ყველა ეკონომიკური ტიპის რესურსს. ნახ. 1 და 2 ასახავს მინერალური რესურსული ფონდის განაწილებას მინერალური რესურსების ეკონომიკური ტიპების მიხედვით და ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული ერთეულების მიხედვით [1, 2, 3, 4].

მინერალური რესურსული ფონდის განაწილება საქართველოს მხარეებში, [4]

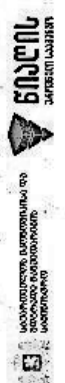
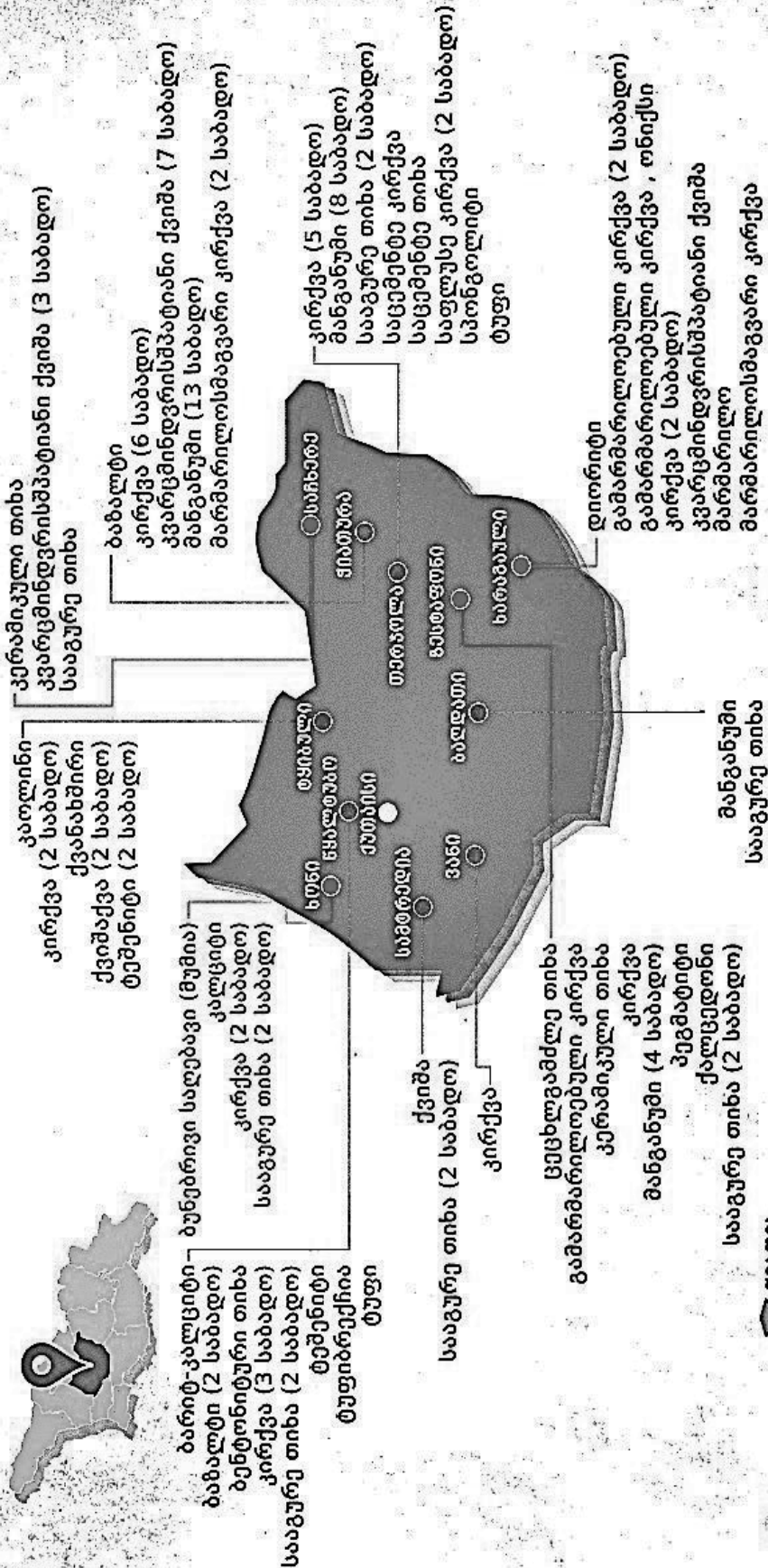
მხარე	რესურსების ეკონომიკური ტიპი, %							
	საბაზო-ენერჯეტიკული რესურსები	მეტალური და იშვიათი ლითონები	ქიმიური, აგროქიმიური და სხვა რესურსები	სანაკეთო ქვები და კერამიკული რესურსები	მოსაპირკეთებელი და საშენი ქვები	მეტალურგული, ინერტული და სამშენებლო რესურსები	მიწისქვეშა მინერალური წყლები	ბოლიანად
თბილისი	2.4	0.0	1.0	0.0	0.4	0.8	0.0	0.6
აფხაზეთის ა.რ.	19.0	10.1	14.6	1.3	14.3	10.2	14.5	11.6
აჭარის ა.რ.	2.4	4.3	1.0	2.5	2.6	1.7	4.3	2.3
გურია	16.7	1.4	3.1	3.8	1.7	2.8	5.8	3.4
სამეგრელო & ზემო სვანეთი	23.8	5.8	5.2	7.5	9.1	9.1	5.8	8.7
<b>იმერეთი</b>	<b>7.1</b>	<b>7.2</b>	<b>34.2</b>	<b>30.0</b>	<b>22.1</b>	<b>19.2</b>	<b>13.0</b>	<b>20.7</b>
რაჭა-ლეჩხუმი & ქვემო სვანეთი	0.0	31.9	5.5	20.0	6.5	5.2	2.9	8.3
შიდა ქართლი	0.0	10.1	7.3	8.0	5.6	14.0	8.7	9.3
სამცხე-ჯავახეთი	2.4	0.0	11.5	13.8	7.8	8.3	14.5	8.5
მცხეთა-მთიანეთი	0.0	0.0	7.3	7.5	5.2	6.1	14.5	6
ქვემო ქართლი	7.1	27.5	5.2	8.6	21.2	8.3	8.7	12.5
კახეთი	19.1	1.5	4.1	0.0	3.5	14.3	7.3	8.1
<b>სულ ჯამი</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

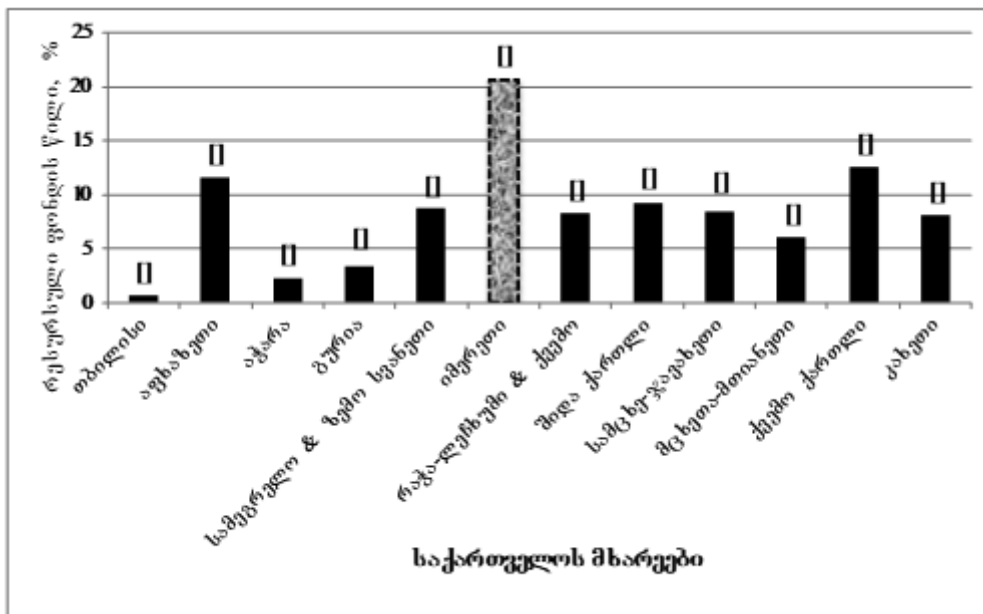
იმერეთის რეგიონში საკმაოდ ცნობილი საბადო-ბიდან აღსანიშნავია შემდეგი: მანგანუმის მადნის, ქვანახშირის, მოსაპირკეთებელი მასალების (ტეშენიტი, კირქვები, მარმარილოსებრი კირქვები, ტუფი, ბაზალტი), სააგურე, კერამიკული და ცეცხლგამძლე თიხების, კალიუმის, ალუ-

მინისა და ეკოლოგიურად სუფთა სასუქების მისაღებად ვარგისი გლაუკონიტის შემცველი ნედლეულის, გიშერის, მინერალური თერმული წყლების და სხვა საბადო.



# საქართველს მიწარალური რესურსები იბერეთი





ნახ. 2. მინერალური რესურსული ფონდის განაწილება საქართველოს მხარეებში, [4]

ძირითადი წიაღისეული რესურსის ჭიათურის მანგანუმის ბალანსური და ბალანსგარეშე მარაგი დაახლოებით 215 მლნ ტონას შეადგენს, მადნის ყველა ტიპის (ჟანგეული, კარბონატული, დაჟანგული, შერეული, ქვიშაქვები) მიხედვით. ამასთან, აღსანიშნავია მანგანუმის ჯერ კიდევ დაუმუშავებელი მარაგის საგარაუდო

არსებობა ყვირილისა და ზესტაფონის, ჩხარი-აჯამეთის, ქუთაისისა და თერჯოლის ტერიტორიებზე. აღსანიშნავია, რომ ჭიათურის მანგანუმის საბადო გამოირჩეულია მაღალი ხარისხის ჟანგეული და კარბონატული მანგანუმის მადნებით, სადაც მანგანუმის შემცველობა 11-55 %-მდეა.

ცხრილი 2

ჭიათურის მანგანუმის მადნის საბადოს ტიპები [6]

მადნის ტიპი	ნ-ის შემცველობა (%)
ოოლითური ან მასიური ჟანგეული	20-25-იდან 50-55-მდე
ოოლითური ან წვრილკრისტალური კარბონატული	10-15-იდან 25-28-მდე
დაჟანგული	15-20-იდან 30-40-მდე

ამჟამად, ჭიათურის მანგანუმის მადნის საბადოზე მოპოვებით და გამდიდრების სამუშაოებს აწარმოებს მსხვილი პოლიდინგი „ჯორჯიან ელემენტალს“ (Georgian American Alloys), რომელიც აერთიანებს „ჯორჯიან მანგანუმს“ (ჭიათურის სამთო გამამდიდრებელი კომბინატი და ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა), ვარციხის პიდროლექტროსადგურსა და კლინიკა ფერომედს. ამასთან, შპს „ჯორჯიან მანგანუმი“ საქართველოში ერთ-ერთი მთავარი დამსაქმებელია. მანგანუმის მადნის მოპოვება ხდება 4 ძველი ტექნოლოგიით მომუშავე მადაროში, 9 ახალი ტექნოლოგიით მომუშავე მიწისქვეშა უბანსა და 7 ღია საკარიერო უბანზე. ჭიათურის კომპანია საშუალოდ წლის განმავლობაში მოიპოვებს და ამდიდრებს 1.3 მლნ ტონა მანგანუმის მადანს. ხოლო, საშუალო წლიური მანგანუმის კონცენტრატის წარმოების მოცულობა შეადგენს 330 ათას ტონას. აღსანიშნავია, რომ

კომპანიის მიერ წარმოებული პროდუქცია გათვლილია უცხოეთის ბაზრისთვის, იგი მაღალი ხარისხის ფეროშენადნობების უმსხვილესი მწარმოებელი და ექსპორტიორია. 2018 წელს ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანამ 223 000 ტონა სილიკომანგანუმი და 6 000 ტონა ფერომანგანუმი აწარმოა. კომპანიის მიერ წარმოებულ პროდუქციას საერთაშორისო ბაზარზე ისეთი ქვეყნები ყიდულობენ, როგორცაა ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკა, რუსეთი და დასავლეთის სხვა ქვეყნები. ამასთან, ჭიათურაში მოპოვებული მანგანუმი შეადგენს საქართველოს საექსპორტო ბრუნვის დაახლოებით 10 %-ს. ხოლო ფერომანგანუმებს ევროპულ ბაზარზე უკავიათ 2 %-იანი სემენტი, რაც როგორც რეგიონისთვის ისევე, მთლიანად საქართველოსთვის საკმაოდ მნიშვნელოვანია.

შპს „ჯორჯიან-მანგანუზ“-ის კომპანიის პროდუქცია [6]

კონცენტრატის ელემენტი	კონცენტრატის ზომა (მმ) და შემადგენლობა (%)			
	5-0 მმ	20-5 მმ	20-0 მმ	70-0 მმ
Mn	43 %	30-32 %	37 %	30-31 %
SiO <sub>2</sub>	10-15 %	20-25 %	15-20 %	25-28 %
H <sub>2</sub> O	11 %	11 %	11 %	11-12 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 %	2.25 %	2.15 %	4-5 %
P	0.2 %	0,2 %	0.2 %	0.15-0.2
CaO	3-4	5-6	4-5	5.5-6.5
Fe	1.2-1.3 %	1.4-1.5	1.3-1.4	1.5-1.8
S	0.19-0.2 %	0.25-0.27	0.2-0.25	0.18-0.28

შპს „ჯორჯიან-მანგანუზ“-ის პროდუქცია დიდი მოთხოვნილებით სარგებლობს მსოფლიო ბაზარზე. კომპანიის მიერ წარმოებული პროდუქციის რაოდენობა ყოველწლიურად იზრდება. ბოლო წლებში საწარმოში ჩადებულ იქნა 100 მილიონ ლარზე მეტი ინვესტიცია, რომელიც ძირითადად ქარხნის ტექნოლოგიური პროცესების გაუმჯობესებას მოხმარდა. მოქმედი კანონმდებლობის მიხედვით ქარხანა ადგილობრივ ბიუჯეტში ინდის მხოლოდ ქონების და მიწის გადასახადებს (ყოველწლიურად დაახლოებით 1-1,5 მლნ ლარი). ხოლო, მათ მიერ ადგილობრივ ბიუჯეტში შეტანილი გადასახადები შეადგენს მთლიანი ადგილობრივი ბიუჯეტის 15 %-ს.

ჭიათურის რაიონი მდიდარია კვარცის სილით, რომელიც ბევრ ადგილას მძლავრი ფენების სახით გამოდის მიწის ზედაპირზე და ადვილად დასამუშავებელია. მდ. ყვირილას ხეობაში, ქალაქიდან 6 კმ-ის მანძილზე, სოფელ სალიეთთან, მაღალი კლდოვანი ფერდობი წარმოადგენს წითელი მარმარილოს დიდ საბადოს, სადაც მარმარილოს ფენის სისქე 60 მეტრამდეა. თეთრი მარმარილოს საბადოა სოფელ მოხორთუბანში.

საქართველო სამხრეთ კავკასიაში, ერთადერთი ქვეყანა, რომელიც ფლობს ექსპლუატაციაში არსებულ დადასტურებულ ქვანახშირის რეზერვებს. საქართველოში გამოვლენილია ნახშირის ორი ტიპი, შავი და მურა ნახშირი, რომელიც გამოიყენება როგორც საწვავი და ენერგორესურსი. ცნობილია, რომ საქართველოში არსებული საწვავისა და მინერალური რესურსების სულ 42 აუზიდან, 9 ნახშირისაა, მაგრამ მათგან მხოლოდ 3 არის აღიარებული კომერციული თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად (ტყიბული-შაორი და ტყვარჩელი).

ტყიბული-შაორის ტერიტორიაზე ქვანახშირის მოპოვება დაიწყო ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნეში, თუმცა საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ თითქმის გაჩერდა. კომპანიამ, „საქართველოს ინდუსტრიულმა ჯგუფმა“ 2006 წელს დაიწყო სამრეწველო მოპოვების ოპერაციები და ფაქტობრივად, ამ წლიდანვე დაიწყო მთლიანად ტყიბულის რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკური აღორძინებაც, რაც ტრადიციულად მთლიანად დამოკიდებული იყო ქვანახშირის წარმოებაზე.

ტყიბული-შაორის ქვანახშირის საბადოზე ძირითადად ენერგეტიკული ქვანახშირია, რომლის ნაცრიანობა 30-45 %, საშუალო თბოუნარიანობა 2 5500 კალორიაა. სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებაზე ლიცენზიის შესაბამისად ქვანახშირის მთლიანი მოცულობა შეადგენს 331 მლნ მეტრიკულ ტონას.

კომპანია „საქნახშირი ჯი-აი-ჯი ჯგუფი“ იყო რა საქართველოს ინდუსტრიული ჯგუფის სრულ მფლობელობაში არსებული შვილობილი კომპანია და ქვანახშირის ერთად-ერთი მომპოვებელი კომპანია საქართველოში, რომელიც ახორციელებდა ისეთ ოპერაციებს როგორცაა ნახშირის მოპოვება, ნახშირის ტრანსპორტირება, ნახშირის გამდიდრება და ელექტროენერჯის გენერაცია. „საქნახშირი ჯი-აი-ჯის“ შვილობილი კომპანია იყო შპს „სავაჭრო სახლი საქნახშირი“ რომლის საქმიანობის სფეროსაც წარმოადგენდა საერთაშორისო ვაჭრობა.

ამჟამად მოქმედებს ქვანახშირის საბადოს ორი „მინდელის და ძიბიგურის სახელობის შახტი. ორივე წარმოადგენს ტყიბული-შაორის ქვანახშირის აუზის ნაწილს, რომელიც მდებარეობს იმერეთის მთიან რეგიონში რაჭის

(საქართველოს დასავლეთი მხარე) საზღვართან ახლოს. კომპანია „ჯი-აი-ჯი“ მოიპოვებდა ქვანახშირს მიწისქვეშა ოპერაციების საშუალებით. აღსანიშნავია, რომ ეს ქვანახშირი არის ბიტუმინოზური ტიპის ნახშირი ადვილად აქროლადი ნივთიერებების საშუალო შემცველობით, რომელიც მოიცავს მნიშვნელოვანი რაოდენობის მეთანს და, რომლის მიღებაც საგულისხმოა შემდგომში მისი მრავალმხრივი გამოყენების თვალსაზრისით.

ტყიბულის ქვანახშირის საბადოს ეფექტიანი დამუშავებით შესაძლებელია წელიწადში დაახლოებით 1 მლნ მეტრიკული ტონა ნახშირის წარმოება. ბოლო წლებში ნახშირის ყოველწლიური გაამოშვებამ დაახლოებით 350 000 ტონა შეადგინა. რადგან ნახშირის უმეტესობა ამჟამად გამოიყენება ცემენტის ადგილობრივ წარმოებაში, მომავალში შესაძლებელია ამ ნახშირის გარკვეული ნაწილი გამოყენებულ იქნას ელექტროსადგურშიც.

აღსანიშნავია, რომ 2009 წელს „საქნახშირმა“ ააშენა ნახშირის გადამამუშავებელი და გამამდიდრებელი ქარხანა თანამედროვე აღჭურვილობით, რაც ერთგვარი გარანტიაა მომხმარებლებისთვის ნედლეულის ხარისხის ამაღლების თვალსაზრისით. 2015 წელს ამოქმედდა 13 მეტ-იანი ნახშირზე მომუშავე ელექტროსადგური. ბოლო წლების მონაცემებით, კომპანიის მიერ დასაქმებული იქნა დაახლოებით 1 500 მუშა-მოსამსახურე. „საქნახშირის“ მფლობელობის პერიოდში შესყიდულ იქნა თანამედროვე და უსაფრთხო მოწყობილობა როგორცაა სამთო კომბინები, ლოკომოტივები, რომლებიც ინტენსიურად მუშაობს ახალ სპეციალურ სამთომადნო ტექნოლოგიებზე, რამაც მნიშვნელოვნად გაზარდა მწარმოებლურობა, გააუმჯობესა უსაფრთხოება და შეამცირა წარმოების ხარჯები.

ადგილობრივი ბაზრის მოთხოვნებთან შესაბამისობაში, საქართველოში მთავარი საწარმოები, რომლებიც მოიხმარენ ნახშირს სამრეწველო საწვავის სახით არიან ფეროშენადნობთა და ცემენტის ქარხნები.

2019 წლის სექტემბრის თვიდან ტყიბულის ქვანახშირის შახტების მართვა და „საქნახშირის“ 125 მილიონიანი აქტივები ახალ ინვესტორს, ქართველი და უკრაინელი ბიზნესპარტნიორების მიერ დაფუძნებულ კომპანიას 2 „BMG Steel International Trading Company“-ის გადაეცა, რომელიც ვალდებულებას იღებს, „საქნახშირის“ განვითარებაში პირველ ეტაპზე 8 მლნ ლარის ინვესტიცია განახორციელოს, რაც დაკავშირებული იქნება საინვესტიციო პროექტის მომზადებასთან. ქვანახშირის გასაღების ბაზარი ითვალისწინებს ადგილობრივი მოთხოვნების გათვალისწინებას, რათა გამოყენებული იქნას ენერგეტიკულ ნახშირად თბოსადგურში (ახალი 150 მეგატ-იანი თბოსადგურის მშენებლობაში განსაზღვრულია დაახლოებით 100-120 მლნ აშშ დოლარამდე ინვესტიციის ჩაიდება), რომელმაც უნდა იმუშავოს ქვანახშირზე. ასევე გაითვალისწინება ქართული ნახშირის შავი ზღვის აუზის ქვეყნებში 2 თურქეთსა და უკრაინაში ექსპორტირება [7].

როგორც ცნობილია, ჯერ-ჯერობით ნახშირი არ

არის შეტანილი საქართველოს ენერგეტიკულ ბალანსში, რადგან ის არ გამოიყენება ელექტროენერჯის გენერაციისთვის. თუმცა მიწოდება-მოთხოვნის ბალანსირებასა და ქვეყანაში ელექტროენერჯის მიწოდების უსაფრთხოების გაზრდასთან დაკავშირებით, მნიშვნელოვანია გარკვეული მასშტაბის ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის მშენებლობა. ამჟამად, მხოლოდ იმპორტირებული ბუნებრივი გაზი გამოიყენება საწვავად საქართველოში არსებულ თბოელექტროსადგურებში, ამიტომ ახალი ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგური გარკვეულწილად გაამყარებს ქვეყნის ენერგო უსაფრთხოებას.

იმერეთის რეგიონში არსებული მინერალური რესურსებიდან აღსანიშნავია ტყემნითი, რომელიც მაგმური წარმოშობის გაბრიდული ქანია მოსაპირკეთებელ მასალათა შორის ძირითად ნედლეულად ითვლება. იმერეთის რეგიონში ტყემნითის დაძიებული მარაგი 4,7 მლნ მ<sup>3</sup>-ია, ხოლო პროვინოზული 7 მლნ მ<sup>3</sup>.

გლაუკონიტი (გუმბრა, ქუთაისი, გელათი) „შესაძლებელია გამოყენებული იქნას როგორც კალიუმი-სა და ალუმინის მისაღებად, ასევე ეკოლოგიურად სუფთა ბუნებრივი სასუქების დასამზადებლად. აღსანიშნავია, რომ გლაუკონიტიანი ქვიშაქვების მარაგი რეგიონში პრაქტიკულად ამოუწურავია. მათი უმრავლესობა კალიუმისა და ალუმინის ჟანგებს შეიცავს მეტი რაოდენობით ვიდრე აშშ-ის „ნიუ-ჯერსის“ საბადო.

რეგიონში მინერალური და თერმული წყლების რესურსებიდან ცნობილია რამდენიმე საბადო და გამოვლინება, რომელთა შორის აღსანიშნავია შემდეგი: საირმის, კვერეთის, სიმონეთის, ლეღვას, სულორის, ამალღების, ზვარეს და წყლტუბოს მინერალური და თერმული წყლები.

რეგიონის ძირითადი მინერალური რესურსია წყალტუბოს ცნობილი სამკურნალო თერმული წყალი, რომელიც ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით უნი-კალურია. მისი ძირითადი დამახასიათებელი თვისებაა რადიოაქტივობა. წყალი შეიცავს კეთილშობილ აირს, რადონის ემანაციას, აზოტის დიდ რაოდენობას და ჰელიუმს. რის გამოც მას აიროვან-აზოტიანი წყლების კლასს მიაკუთვნებენ.

წყალტუბოს მინერალური წყლის მაღალხარისხოვნების მაჩვენებელია ბუნებრივი ოპტიმალური ტემპერატურის 35<sup>0</sup>-ის მუდმივობა, რაც ხელს უწყობს აბაზანების ადვილად ამტანიანობას. წყალი აბაზანებში პირდაპირ წყაროებიდან მიდის გათბობისა და გაციების გარეშე. წყალტუბოს წყაროების გამოყენება შესაძლებელია რეგმატიზმებით, სახსრებისა და პერიფერიულ ნერვულ სისტემით დაავადებულთა სამკურნალოდ. სასარგებლოა აგრეთვე გულის, ნევროზის, სისხლისძარღვების, სკლეროზისა და ვენების დაავადების სამკურნალოდ.

ცნობილი სამთო წიაღისეული სიმდიდრეებიდან აღსანიშნავია სამრეწველო მნიშვნელობის მქონე ბენტონიტური თიხა გუმბრინი, რომლის პირველადი გადამამუშავება ხდება სოფელ გუმბრაში (წყალტუბოს მუნიციპალიტეტი). აქ შესაძლებელია ორი სახის პროდუქციის

წარმოება: მათეორებელი, რომელსაც იყენებენ ნავთობის ტიტრაციისათვის და საყალიბე გუმბრინი, რომელიც ფხვნილის სახით გამოიყენება მეტალურგიაში ყალიბების დასამზადებლად. ასევე როგორც ნავთობის, ცხიმებისა და ღვინის გამწმენდი საშუალება.

თიხა „გუმბრინი“ ასევე აღმოჩენილია ცხუნკურსა და ბუმისთავში. ზონაში გვხვდება აგრეთვე კირქვების და გრანიტის საბადოები. კირქვებისაგან ამზადებენ კირს და ბუნებრივი ქვის სამშენებლო ბლოკებს.

გრანიტის საბადო აღმოჩენილია სოფლების ჟონეთისა და ოფურჩხეთის ტერიტორიაზე. ხოლო სოფლების გეგუთის, ფარცხანაყანევის და გვიშტიბის ტერიტორიებზე მრავლადაა სააგურე თიხა.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია სათაფლიის (წყალტუბო) და პერევისის (ჭიათურა) ჩამოსასხმელი ბაზალტის საბადოების რაციონალური ათვისება, რადგან როგორც კვლევებმა აჩვენეს, ამ ნედლეულის გამოყენების პერსპექტივა მრავალმხრივ განსაკუთრებულია და მოთხოვნა ამ უკანასკნელის გამოყენებით წარმოებულ სამშენებლო და ხელოვნური ბოჭკოს პროდუქციაზე მზარდია როგორც შიგა ბაზარზე, ისე მის ფარგლებს გარეთ [4, 9].

ცხადია, საქართველოს რეგიონების კონკურენტუნარიანობის გაუმჯობესების პერსპექტივა ითვალისწინებს დღევანდელი რეალობის საფუძვლიან ეკონომიკურ ანალიზს. სხვადასხვა მონაცემების შესწავლამ ცხადყო, რომ არსებობს როგორც მნიშვნელოვანი პროგრესი, ასევე საკმაო გამოწვევები იმერეთის რეგიონში სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის თვალსაზრისით და არსებული ბიზნეს აქტივობის მაჩვენებლების მიხედვით.

აღსანიშნავია, რომ იმერეთის რეგიონზე, სადაც 2019 წლის მონაცემებით საქართველოს მოსახლეობის დაახ-

ლოებით 497,4 ათასი კაცი ცხოვრობს, 2018 წლის მონაცემებით ერთ სულ მოსახლეზე მთლიანი შიდა პროდუქტის რეალურმა ზრდამ წინა წელთან შედარებით 15,4 % და 4 125,6 მლნ აშშ \$, ანუ მშპ ერთ სულ მოსახლეზე 3 241,2 აშშ \$, უმუშევრობის დონემ 12,4 %, 2019 წლის მონაცემებით რეგისტრირებული ეკონომიკური სუბიექტების რაოდენობამ 103 181 ერთეული შეადგინა, რომელთაგან აქტიური მხოლოდ 24 013 ერთეული იყო და იმერეთის რეგიონზე ბიზნეს-სექტორში პროდუქციის მთლიანი გამოშვების დაახლოებით 6 % მოდის. ასევე, იმერეთის რეგიონში ბიზნეს სექტორის არსებულ მდგომარეობაზე გარკვეულ წარმოდგენას გვიქმნის ისეთ მაჩვენებლებზე დაკვირვება, როგორებიცაა: ბრუნვის, პროდუქციის გამოშვების, დამატებული ღირებულების, შუალედური მოხმარების და სხვ. მაჩვენებლების დინამიკა 2007-2018 წლებში. ასე მაგალითად, თუ ვთქვათ, 2010-2018 წწ.-ში იმერეთში მშპ-ის ზრდამ 140,7 % შეადგინა.

იმერეთში არსებული ბიზნეს სექტორის ძირითადი მაჩვენებლები (ბრუნვა, პროდუქციის გამოშვება, დამატებული ღირებულება, შუალედური მოხმარება, დასაქმებულთა საშუალო წლიური რაოდენობა, შრომითი დანახარჯები, დასაქმებულთა საშუალო თვიური ანაზღაურება, ინვესტიციები ფიქსირებულ აქტივებში) გვიჩვენებს რეგიონის ეკონომიკური საქმიანობის ძირითად ზრდად ტენდენციებს.

ქვემოთ მოცემულ ცხრილში 3 წარმოდგენილია რეგიონის ბიზნეს სექტორის მაჩვენებლები 2007-2018 წლებში, როგორც მთლიანად საქართველოს და იმერეთის რეგიონის და ასევე, სამთო მრეწველობის საქმიანობის მიხედვით [10].

ბიზნეს სექტორი საქართველოსა და იმერეთის რეგიონში სულ, მილიანად და სამთო მრეწველობის საქმიანობის (NACE rev.2) მიხედვით [10]

მარეგებლები	წლები												
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
საქართველო, სულ	17544,4	19650,7	20302,2	24400,7	36726,2	42048,0	44327,9	50064,7	56984,8	64081,8	71740,1	86625,1	
მ.შ. იმერეთი	850,1	1003,4	867,3	1259,1	1742,3	1886,0	2042,4	2378,6	2591,4	2860,0	3484,1	4010,9	
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	477,3	585,0	196,6	243,7	313,8	283,8	288,5	357,8	571,5	611,8	671,4	749,3	
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	14,6	21,7	14,0	30,0	50,3	60,9	66,1	78,1	127,5	112,1	109,7	113,5	
	პროდუქციის გამოშვება, მლნ ლარი												
საქართველო, სულ	9645,4	10248,4	11003,1	13303,7	19239,9	23096,0	23553,6	26068,6	29993,9	34156,9	38206,8	41649,2	
მ.შ. იმერეთი	512,7	701,0	479,5	762,0	1089,8	1185,4	1135,5	1346,5	1497,6	1645,0	2264,3	2553,8	
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	277,3	262,0	195,5	254,9	329,1	364,4	325,3	402,2	652,7	633,4	690,6	767,0	
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	12,7	23,2	21,1	37,6	53,7	73,1	66,4	75,9	127,1	123,8	110,0	115,1	
	დამატებული ღირებულება, მლნ ლარი												
საქართველო, სულ	4541,8	5162,6	5464,1	6703,2	9253,7	11190,7	12139,1	12849,4	14761,0	16772,4	19036,3	20726,9	
მ.შ. იმერეთი	185,3	303,0	226,5	342,0	460,9	514,9	473,9	474,8	836,5	720,1	1014,1	1151,4	
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	197,7	155,3	92,4	142,0	167,7	178,6	153,1	172,7	244,9	260,8	309,7	320,3	
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	3,7	6,9	13,4	17,4	28,3	53,5	41,1	35,3	56,0	50,4	65,5	54,2	
	შუალედური მოხმარება, მლნ ლარი												
საქართველო, სულ	5103,7	5085,8	5539,0	6600,5	9984,8	11905,3	11414,5	13219,2	15232,9	17384,5	19170,5	20922,4	
მ.შ. იმერეთი	327,4	398,0	253,0	420,0	628,9	670,4	661,6	871,8	661,1	924,9	1250,2	1402,4	
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	79,6	106,7	103,1	112,9	161,4	185,7	172,2	229,5	407,8	372,6	380,9	446,7	
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	227,4	291,0	154,7	307,3	389,7	430,5	441,1	599,8	371,3	488,8	756,1	875,3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>დასაქმებულთა საშუალო წლიური რაოდენობა, ერთეული</b>												
საქართველო, სულ	361209	349250	387463	397806	503236	534397	550885	592147	626739	666790	708165	734215
მ.შ. იმერეთი	37240	36086	35361	35534	40087	43815	43122	46897	46934	49547	51986	52920
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	4532	4344	5207	5092	5884	7157	6353	7003	8120	7907	8565	8806
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	1152	1222	1201	1500	1792	2223	2080	2160	2708	2431	2492	2344
<b>დაქირავებულთა დასაქმებულთა საშუალო წლიური რაოდენობა, ერთეული</b>												
საქართველო, სულ	345859	334286	369396	380709	482254	514387	532787	565902	584484	620069	652439	679453
მ.შ. იმერეთი	34524	33912	32590	32429	36705	40308	40430	42577	40198	42286	43755	45727
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	4447	4260	5100	4981	5714	6918	6289	6924	8018	7512	8255	8634
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	1127	1206	1198	1497	1750	2202	2063	2136	2688	2282	2355	2275
<b>შრომითი დანახარჯები, მლნ ლარი</b>												
საქართველო, სულ	1916,4	2106,6	2419,0	2741,0	3636,9	4446,6	4907,2	5470,6	6329,6	7022,2	8046,4	9046,4
მ.შ. იმერეთი	105,9	124,3	126,1	148,5	197,1	241,4	246,6	267,2	297,0	322,3	380,1	408,7
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	42,2	41,5	41,5	48,6	57,5	72,6	67,5	75,0	101,2	104,1	125,2	143,2
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	3,7	4,9	5,5	9,5	14,7	18,9	17,1	17,9	24,6	22,9	26,8	29,9
<b>დასაქმებულთა საშუალო თვიური ანაზღაურება, მლნ ლარი</b>												
საქართველო, სულ	381,6	519,8	538,1	592,7	622,6	714,3	760,1	800,5	896,8	938,3	1019,7	1101,3
მ.შ. იმერეთი	202,8	287,1	309,9	370,7	435,4	481,0	489,3	505,1	604,6	619,3	698,0	726,4
საქართველოს სამთო მრეწველობა, სულ	657,7	808,9	677,7	812,3	838,6	874,5	893,1	902,8	1047,4	1154,1	1260,4	1379,2
მ. შ. სამთო მრეწველობა იმერეთში	221,9	336,5	381,0	528,1	700,3	714,4	690,5	697,8	762,6	837,3	944,5	1094,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>საქონლისა და მომსახურების ყიდვები, მლნ ლარი</b>												
საქართველო, სულ	15184,9	15003,9	18545,8	28501,0	32357,0	33316,2	37906,4	41185,0	45350,9	50756,0	56662,4	15184,9
მ.შ. იმერეთი	830,7	634,9	941,8	1343,8	1452,5	1591,5	1735,3	1719,3	2159,4	2601,0	2849,8	830,7
საქართველოს სამიო მრეწველობა, სულ	287,9	429,3	97,3	105,9	155,1	177,5	152,4	208,6	384,7	356,4	352,6	450,1
მ. შ. სამიო მრეწველობა იმერეთში	10,8	17,4	7,8	17,8	28,9	20,6	22,5	40,9	76,4	73,3	44,0	61,6
<b>გასაყიდად განკუთვნილი საქონლისა და მომსახურების ყიდვები, მლნ ლარი</b>												
საქართველო, სულ	13723,4	15184,9	15003,9	18545,8	28501,0	32357,0	33316,2	37906,4	41185,0	45350,9	50756,0	56662,4
მ.შ. იმერეთი	830,7	634,9	941,8	1343,8	1452,5	1591,5	1735,3	1719,3	2159,4	2601,0	2849,8	830,7
საქართველოს სამიო მრეწველობა, სულ	287,9	429,3	97,3	105,9	155,1	177,5	152,4	208,6	384,7	356,4	352,6	450,1
მ. შ. სამიო მრეწველობა იმერეთში	17,4	7,8	17,8	28,9	20,6	22,5	40,9	76,4	73,3	44,0	61,6	17,4
<b>ინვესტიციები ფიქსირებულ აქტივებში, მლნ ლარი</b>												
საქართველო, სულ	2588,4	2229,0	2157,8	3210,1	2602,4	3245,6	3937,3	3559,6	4333,6	4665,4	5586,1	4967,8
მ.შ. იმერეთი	43,0	112,3	83,1	61,5	92,3	133,4	75,7	80,5	99,5	110,2	104,7	141,8
საქართველოს სამიო მრეწველობა, სულ	85,9	45,8	13,3	17,1	41,4	25,3	16,0	22,3	54,7	41,1	52,0	73,8
მ. შ. სამიო მრეწველობა იმერეთში	4,8	1,2	4,4	4,1	18,0	10,9	2,4	2,7	19,7	8,7	12,6	7,2

\* ცხრილი შედგენილია საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მასალების საფუძველზე.

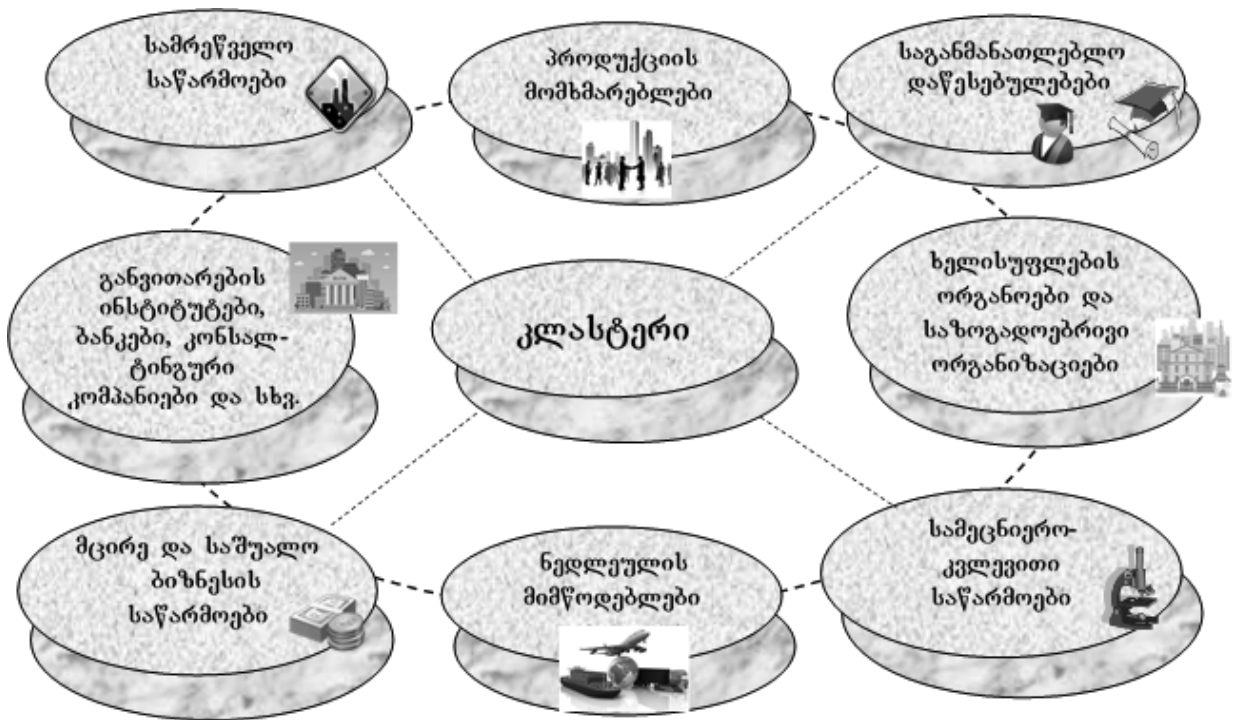


რეგიონის განხილული მაჩვენებლების ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ იმერეთის რეგიონის სამთო მრეწველობის თითქმის ყველა ეკონომიკურ საქმიანობაში აღინიშნება ზრდის ტემპი, რაც მიუთითებს იმ ფაქტორზე, რომ მას გააჩნია განვითარების რეალურად ხელსაყრელი შესაძლებლობები და პოტენციალი სამთო-სამრეწველო პროდუქციის ბაზარზე მოწინავე პოზიციების დასაკავებლად.

ცნობილია, რომ საბაზრო ეკონომიკის უზრუნველყოფ პარამეტრებს განეკუთვნება ინტეგრირება მსოფლიო ბაზარზე, სადაც სულ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა რეგიონული და სამრეწველო კლასტერების

შესწავლას, როგორც ტერიტორიების და დარგების კონკურენტუნარიანობის ზრდის ინსტრუმენტს, რომელიც უზრუნველყოფს აქტიური ინვესტიციური და ინოვაციური საქმიანობისთვის მიმზიდველი ცენტრების მ. შ. სწორედ კლასტერების, ბიზნეს-ინკუბატორების და სხვათა ფორმირებას.

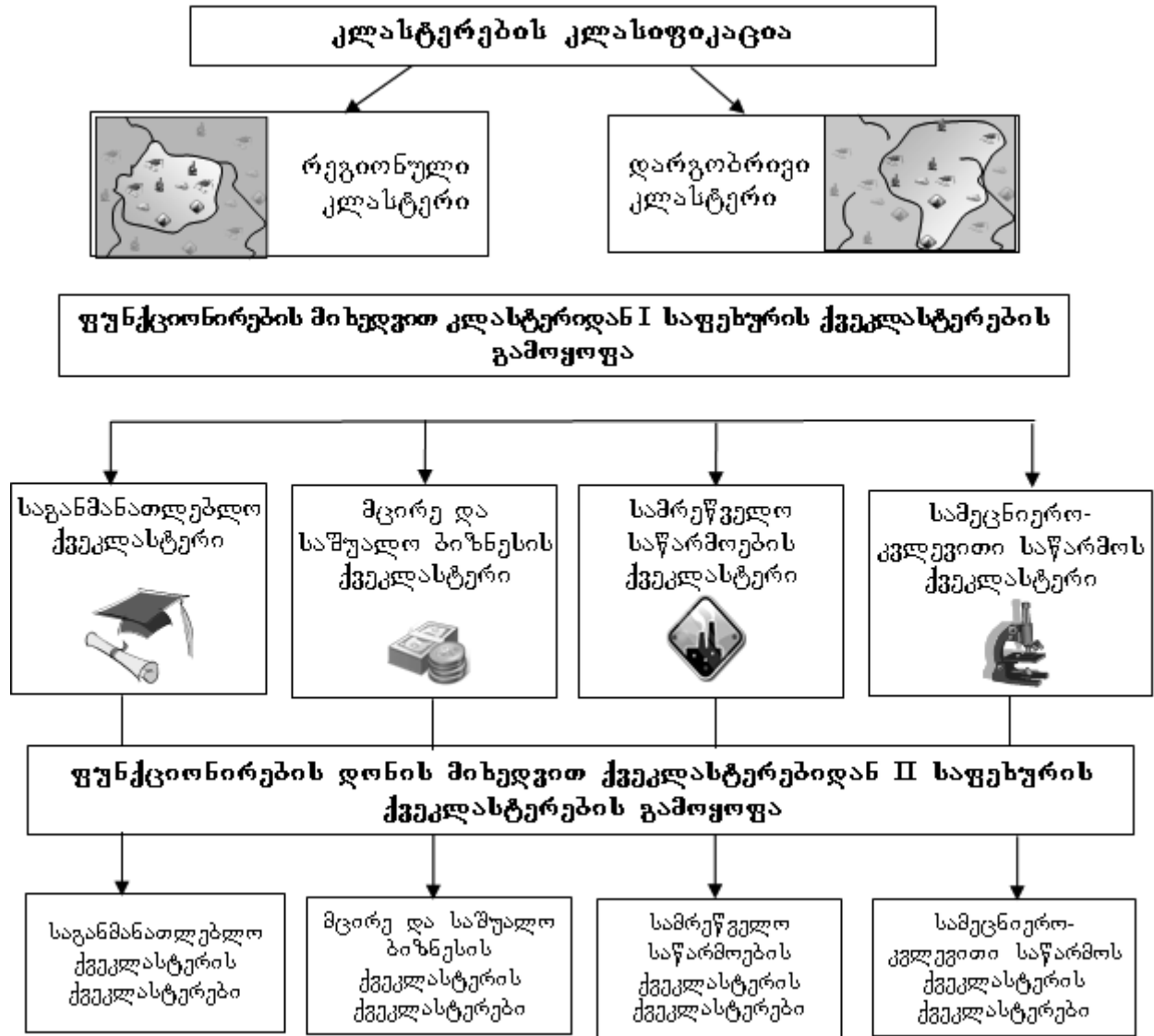
კლასტერი არის რეგიონის საზღვრებში ტერიტორიულად და დარგობრივად ახლოს მყოფი დამოუკიდებელი კომპანიების ჯგუფი, რომელიც კოოპერირებენ და კონკურენციას უწევენ და ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან, იმყოფებიან რა ღირებულების დაგროვების ერთიან ჯაჭვში.



ნახ. 3. კლასტერის მონაწილე სტრუქტურული ერთეულები [11]

კლასტერი დროსა და სივრცეში პარალელურად ვითარდება. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი სივრცითი შეფასება და ის თუ, როგორია სივრცითი მოცემულობა. სწორედ, ამის საფუძველზე შესაძლებელია მოხდეს კლასტერების სელექცია, უკვე მოქმედ კომპანიებზე

ან სამრეწველო ათვისებისათვის პოტენციურად პერსპექტიულ მინერალურ რესურსებზე, რეგიონულ (მუნიციპალურ) და დარგობრივ (სამრეწველო) კლასტერებად, ნახ. 4-ზე გამოსახული კლასიფიკაციის მიხედვით.



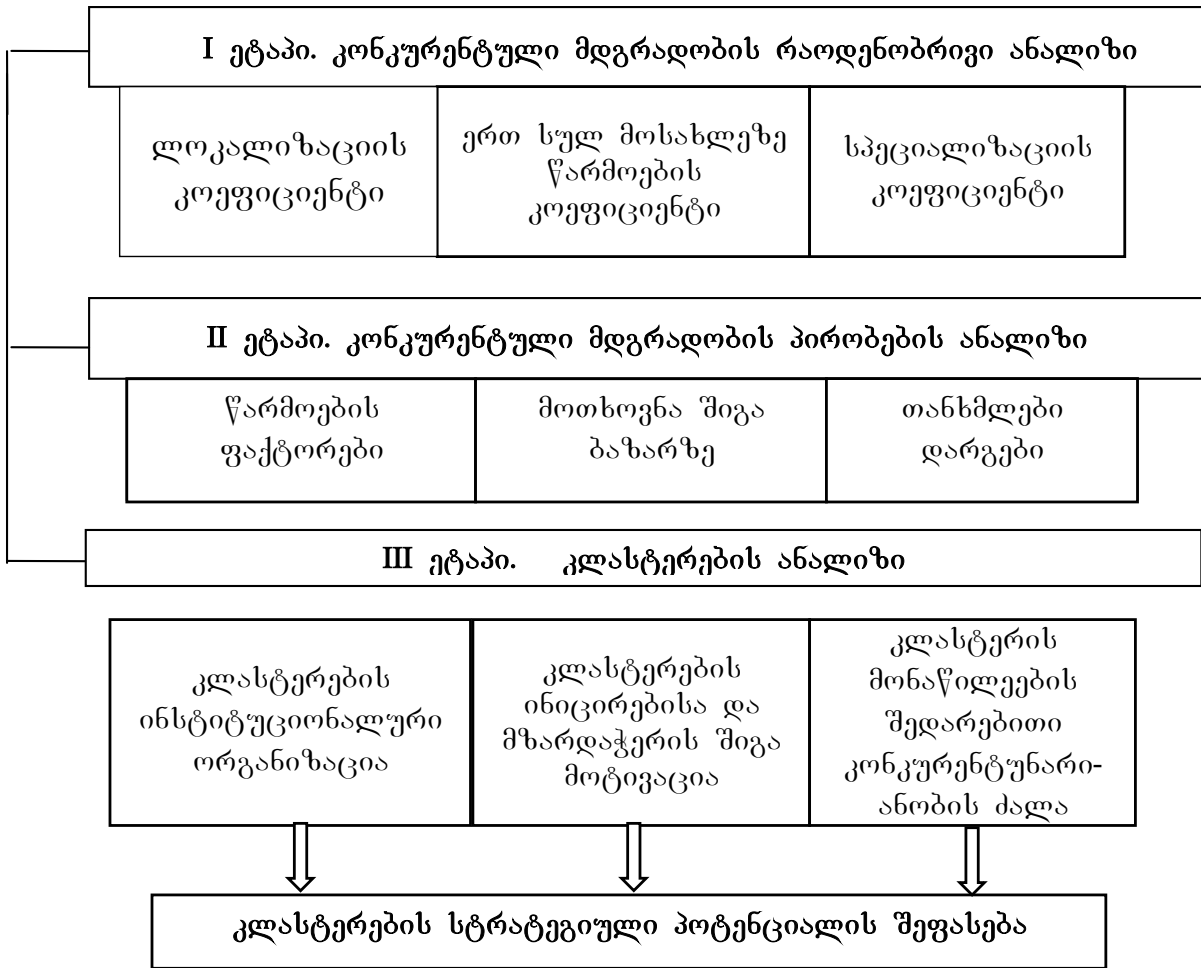
სურ. 4. კლასტერების რეგიონული და დარგობრივი კლასიფიკაცია [11]

ჩატარებული კვლევის შედეგების თანახმად, როგორც საქართველოს მთლიანობაში, ასევე მის ცალკეულ რეგიონს და კონკრეტულად, იმერეთს აქვს საკვლევი საშუალო სექტორის განვითარების საკმაოდ კარგი პოტენციალი, რათა რაციონალურად განისაზღვროს როგორც არსებული, ასევე გამოუყენებელი მინერალურ-რესურსული პოტენციალის ეფექტიანი ათვისების შესაძლებლობები, შეიქმნას უფრო მაღალი დამატებითი ღირებულების შემქნელი საწარმოების სხვადასხვა სპეციალიზებაში, ამაღლდეს წარმოების ეფექტურობა, შემოიტანილ იქნას

ახალი ტექნოლოგიები, მოიძიებული და ათვისებული ადგილობრივი და უცხოური ბაზარი, გაიზარდოს დამატებით საშუალო ადგილები და მიღწეულ იქნას უფრო მაღალ ეკონომიკური ზრდა.

კლასტერული პოლიტიკის ფორმირებისა და რეალიზაციის მექანიზმის ეტაპები რეგიონში შესაძლებელია განხორციელდეს ნახ. 5-ზე გამოსახული სქემის შესაბამისად.

რეგიონის კლასტერული პოტენციალის შეფასება



ნახ. 5. რეგიონის კლასტერული პოტენციალის შეფასება [12, 13]

ჩვენს შემთხვევაში, მნიშვნელოვანია იმერეთის მხარეში რეგიონული და სამრეწველო კლასტერების ჩამოყალიბება, სადაც გაითვალისწინება მეტალურგიული (მანგანუმის მადნის მოპოვებაგადამუშავება, კონცენტრატების და ფეროშენადნობების წარმოება) და სათბობ-ენერგეტიკული პროდუქციის (ტყიბულის ქვანახშირის მოპოვება-გადამუშავება), ქიმიური მრეწველობის ნედლეულის (ბარიტი, დიატომიტი, ბენტონიტური თიხების (გუმბრინი)), სამშენებლო მასალების (თიხები, მ. შ. სააგურე თიხა),

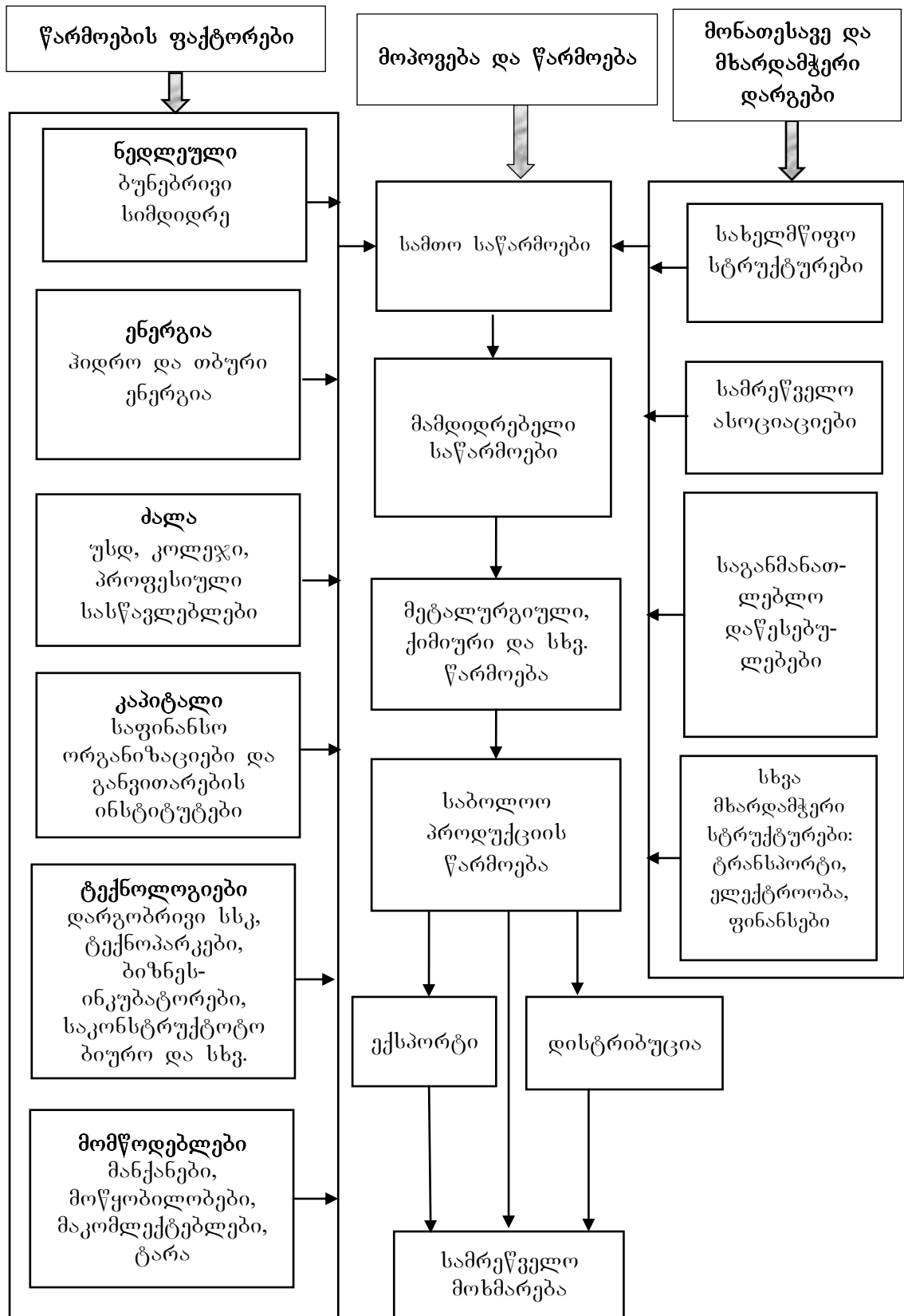
კერამიკის წარმოებისათვის ნედლეულის (კერამიკული თიხა), მეტალურგიისათვის დამხმარე ნედლეულის (ცეცხლგამძლე თიხები), მოსაპირკეთებელი ქვების (მარმარილო, მარმარილოსებრი კირქვები, ტეშენიტი, ბაზალტი) და სხვა წიაღისეულთა ბაზაზე ადგილობრივი მოხმარების და საექსპორტო პროდუქციის წარმოება, ნახ. 6-ზე წარმოდგენილი იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო კლასტერის განზოგადებული სტრუქტურის სახით.

კლასტერიზაციის პოტენციური პრიორიტეტული მიმართულებები იმერეთის ძირითადი მინერალური რესურსების ეფექტიან ათვისებაში, რომელთა გარშემო შესაძლებელია კლასტერების განვითარება [8,9]

ცხრილი 1

ეკონომიკა - ЭКОНОМИКА - ECONOMIC									
პრიორიტეტული რესურსების ეკონომიკური ტიპი	საბადო და ადგილმდებარეობა	ინტენსივობა	მარაგები			ძირითადი რესურსი	პროდუქცია	გამოყენების მიმართულება	
			A+B+C1	C2	P1+P2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
სათბობ-ენერგეტიკული რესურსები	ტყიბულდი-შაორის საბადო	ათ. ტ	281 673	49 806	"	ქვანახშირი	გამდიდრებული ქვანახშირი, ლიპტობილითები	ტექნოლოგიური, ენერგეტიკული, სათბობი, საშენი მასალების წარმოება და სხვ.	
	სამტრედიის საბადო, 62°C (0,10)	ათ.მ³/დღ.	2 765	"	"	გეოთერმული წყლები	გეოთერმული წყლები	კომუნალური და სასათბურე, ბალნეოლოგიური კურორტებზე და სხვა.	
	ჭიათურის საბადო	ათ. ტ	201 921	12 662	"				
	ჩხარი-აჯამეთის საბადო (თერჯოლა)	ათ. ტ	5 000	"	"				
მეტალური და იშვიათი ლითონები	ყვირილის საბადო 1. (თერჯოლა) 2. (ზესტაფონი)	ათ. ტ	1. 8 520 2. 6940	1. 4 380 2. 7 160	" "	მანგანუმი	მანგანუმის კონცენტრატი	შავი მეტალურგია, ელექტროქიმიური მრეწველობა, მინის, ლაკ-საღებავების, კერამიკის წარმოება, სოფლის მეურნეობა...	
	გუმბრინის საბადო (წყალტუბო)	ათ. მ³	4 100	1 342	"			საყალიბე მასალა, ნავთობისა და ნავთობქიმიური მრეწველობა, მეტალურგია, მშენებლობა, ფარმაცევტიკა, პარფიუმერია, მედიცინა და სხვ.	
ქიმიური, აგროქიმიური და სხვა რესურსები	ყუმისთავის საბადო (წყალტუბო)	ათ. მ³	1 740	"	"	ბენტონიტური თიხები	ბენტონიტები		
	კალცეტი (წყალტუბო) ქუთაისი	ათ. ტ	27 211	2 806	"	კალციტი	სხვადასხვა ფრაქციად დაფენილი კალციტი	ლაქ-საღებავების, წებოცემენტის და სხვა სახის პროდუქციის წარმოება.	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
საოუველორო, სანაკეთო ქეხი და კერამიკული რესურსები	შროშის საბადო (ზესტაფონი)	ათ. მ <sup>3</sup>	2 232	2	"	პეგმეტი	პეგმეტის კონცენტრატი	მინის, ფაიფურისა და კაშნურის მრეწველობა
	1. ღვედის საბადო (წყალტუბო); 2. ძირფანის საბადო (ტყიბული)	6	1. 100 2. 110	2	"	სანაკეთო ქეხი	1. იასისი 2. გიშერი	საოუველორო-სანაკეთო წარმოება
	მოლითის საბადო (ხარაგაული)	ათ. მ <sup>3</sup>	3 846	594	"	მარმარილოსებრი კორქვა	მარმარილოს ბლოკები და სხვ.	სამშენებლო, დეკორატიული და სხვა მასალების წარმოება.
	ეკლარის საბადო (თერჯოლა)	ათ. მ <sup>3</sup>	3 338	2	"		ბლოკები, ფილები, ბორდიურები, კიბის საფეხურები, დეკორატიული დღრდი და ა.შ.	სამშენებლო, დეკორატიული და სხვა მასალების წარმოება.
მოსაპირკეთებელი და სამენი ქეხი	1. კურსების საბადო (ტყიბული); 2. ლოლაშენის საბადო (ტყიბული); 3. ოფურჩხეთის საბადო (წყალტუბო)		1. 1 495 2. 1 633 3. 3 037	2 2 2	" " "	მოსაპირკეთებელი კორქვა	ტეშენიტი	სამშენებლო, დეკორატიული და სხვა მასალების წარმოება
	აჯამეთის საბადო (თერჯოლა)	ათ. ტ	3 477	2	"	ქალცეკონი	ქალცეკონი, SiO <sub>2</sub>	სილიკონგენუმის, ბოჭკოვანი გადამცემი ხაზებისა და კაბელების წარმოება
	მეტალურგიული, ინერტული და სამშენებლო რესურსები							ცემენტის ჰიდრაული-კური დანამატი, სილიკატური აგურის წარმოება და სხვ.
	1. ხონის საბადო (ხონი); 2. ჩხარის საბადო (თერჯოლა).	ათ. მ <sup>3</sup>	1. 1 283 2. 331	2 2	" "	საფურე თიხა	თიხა	საშენი მასალების, კერამიკული ნაწარმის და სხვ. წარმოება
	სათაფლიას საბადო (ქუთაისი)	ათ. მ <sup>3</sup>	1 255	2 099		ჩამოსასხმელი ბაზალტი	ბაზალტი	ქვის ჩამოსხმა და მიწის ნაბოჭკოვანი მასალების წარმოება, საშენი მასალების წარმოება, ნაგებობების მოპირკეთება და სხვ.
	პერევისის საბადო (ჭიათურა)	ათ. მ <sup>3</sup>	8 637					



ნახ. 6. იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო კლასტერის განზოგადებული სტრუქტურა [13,14,15]

ზემოაღნიშნულის თვალსაზრისით, იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო ეკონომიკური განვითარების ანალიზი გვამძღვეს საფუძველს დავასკვნათ, რომ რეგიონის ეკონომიკური აქტივობის უფრო მეტი ზრდისა და დადებითი ეკონომიკური ეფექტის მიღებისათვის, სამთო-სამრეწველო კლასტერების ჩამოყალიბების და ეფექტიანად ფუნქციონირების მიზნით მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია, შემდეგი სტრატეგიული ძირითადი მიმართულებების და საკითხების გათვალისწინება-გადაწყვეტა:

- რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიის შემუშავება ინოვაციური ინფრასტრუქტურული სახეების მ.შ. კლასტერების, ბიზნეს-ინკუბატორებისა და სხვათა ჩამოყალიბების თვალსაზრისით;
- სამთო სექტორში მცირე და საშუალო ბიზნესის განვითარების ხელშეწყობი რეგიონული პროგრამების მომზადება, მათი განხორციელების მექანიზმების გასაზღვრა და მათ ეფექტიან შესრულებაზე კონტროლის დაწესება. არსებულ სამეწარმეო პოტენციალისა და მაღალი ტექნოლოგიების ბაზაზე სამეწარმეო პროდუქტის ახალი სახეობების მაღალეფექტიანი წარმოების შექმნა.
- სექტორში საინვესტიციო და ბიზნეს გარემოს გაუმჯობესება, სოციალური პასუხისმგებლობის მაღალი სტანდარტების დანერგვა, რაც ითვალისწინებს მინერალური რესურსების ათვისებაში როგორც ადგილობრივი მოსახლეობის სარგებელის მიღებას, ასევე კერძო სექტორის რეალური მოთხოვნების გათვალ-

ისწინებას.

- მინერალური რესურსების ეფექტიანი მართვის პროცესში სასაქონლო პროდუქტებით დამატებითი ღირებულების შექმნა, წიაღისეულის ქვეყნის ტერიტორიაზე გადამუშავების ხელშეწყობა და ამ მიზნით მკორდინებული ორგანოს ჩამოყალიბება ცენტრალურ და რეგიონულ დონეზე.

ამრიგად, რეგიონის მინერალურ-სანედლეულო პოტენციალის წარმოჩენისა და მისი საბაზრო ურთიერთობებში რაციონალური ჩართვის მიზნით აუცილებელია ისეთი ღონისძიებების განხორციელება, რომელიც დაარეგულერებს ამ დარგში საქმიანობის სრულ ციკლს წიაღისეულის მოპოვების, გადამუშავების, საბოლოო ტექნოლოგიატევადი და მაღალეფექტიანი პროდუქტების მიღების და მის მარკეტინგიულ სტრატეგიას (მოთხოვნა, ფასი, ხარისხი და სხვა), ამ პროდუქციის ეფექტიან გასაღებად, უზრუნველყოფს მართვის დინამიური სისტემის გამართულ მუშაობას, გაითვალისწინებს მომხმარებლის რეალურ მოთხოვნებს და მინერალურ-სანედლეულო ბაზის საწარმოო შესაძლებლობებს, რომელიც მოიცავს ისეთ მნიშვნელოვან მიმართულებებს, როგორებიცაა წიაღის სარგებლობის, შრომის, გარემოსდაცვითი და სოციალური ზეგავლენის საკითხები, ადგილობრივი მოსახლეობის ინტერესები, რაც თავის მხრივ, მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას გრძელვადიან პერსპექტივაში.

### ლიტერატურა

1. ე. ბარათაშვილი, ლ. ბერიკაშვილი, რ. ოთინაშვილი, ა. აბრალავა. ბიზნესის ქსელური ორგანიზაცია: კლასტერული მენეჯმენტი და უსაფრთხოება. სტუ-ს და სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2013. 208 გვ.
2. ი. გაგნიძე. ქვეყნების კონკურენტუნარიანობა და კლასტერები: ისტორია და თანამედროვეობა. გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 2012. 120 გვ.
3. წიაღის ეროვნული სააგენტოს მასალები.
4. ზ. ლულუშაური. კლასტერები – ქართული ბიზნესის კონკურენტუნარიანობის საშუალება. ჟურნალი „ბიზნესი და კანონმდებლობა“, №13-14, თბილისი, 2008. 7გვ.
5. ა. თვალჭრელიძე, ა. სილაგაძე, გ. ქეშელაშვილი, დ. გეგია. საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პროგრამა. „ნეკერი“, თბილისი, 2011. გვ. 29-64.
6. კომპანია „ჯორჯიან მანგანუზის“ მასალები.
7. კომპანია „საქნახშირის“ მასალები.

8. იმერეთის მხარე. პასპორტი. 2007 წელი. 114 გვ.
9. Дзидзигури А. А., Бетанели К. П. и др. Минеральные ресурсы Грузии и проблемы их рациональной разработки. „Мецниереба“, Тбилиси, 1991. 279 с.
10. <http://www.geostat.ge/>
11. <http://www.myshared.ru/slide/319634/>
12. Бабкин. А. В., Новиков А.О. Кластер как субъект экономики: сущность, современное состояние, развитие. Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет, Научно-технические ведомости «Экономические науки», №1(235), Санкт-Петербург, 2016. с. 9-29.
13. Производственные кластеры и конкурентоспособность региона. Монография, колл. авт. под рук. Т.В. Усковой. Ин-т социально экономического развития территорий РАН, Вологда, 2010. 246 с.
14. [http://www.ind.kurganobl.ru/assets/files0/klasternye\\_politiki\\_i\\_klaste.pdf](http://www.ind.kurganobl.ru/assets/files0/klasternye_politiki_i_klaste.pdf)
15. Christian Ketels (IVO), Sergiy Protsiv. Clusters and the New Growth Path for Europe. July 2013. 73 p.

LOBJANIDZE G., TABATADZE G.,  
NANITASHVILI G.  
**CURRENT ASPECTS OF THE POTENTIAL  
FOR MINING-INDUSTRIAL CLUSTERS  
FORMATION IN THE IMERETI REGION**

**ANNOTATION.** The paper analyzes the main types of mineral resources, reserves and prospects for their use in the Imereti region; characterized the types of clusters are and their role and importance in the formation of regional and industrial clusters in the effective development of mineral resources from the point of view of growth in value added are determined; developed proposals and practical recommendations on the theoretical and methodological foundations of the stages of formation and implementation of cluster policy in the Imereti region.

**KEY WORDS:** mineral resources; reserves; economic analysis; regional economy; business sector; competitiveness.

ЛОБДЖАНИДЗЕ Г.З., ТАБАТАДЗЕ Г.Д.,  
НАНИТАШВИЛИ Г.Ж.  
**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОТЕНЦИАЛА  
ФОРМИРОВАНИЙ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО  
КЛАСТЕРА В ИМЕРЕТИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**АННОТАЦИЯ.** В работе проанализированы основные виды полезных ископаемых, запасы и перспективы их использования в Имеретинской области; охарактеризованы типы кластеров и определены их роль и значение при формирований региональных и промышленных кластеров в эффективном освоений минеральных ресурсов с точки зрения роста добавленной стоимости; разработаны предложения и практические рекомендации по теоретико-методологическим основам этапов формирования и реализации кластерной политики в Имеретинской области.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** минеральные ресурсы; запасы; экономический анализ; региональная экономика; бизнес-сектор; конкурентоспособность.





**გოდერძი ტაბატაძე**  
**ГОДЕРДЗИ ТАБАТАДЗЕ**  
**GODERDZI TABATADZE**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლები ულოცავენ ბატონ გოდერძი ტაბატაძეს დაბადების 80 წლისთავს.

გოდერძი პეტრეს ძე ტაბატაძე დაიბადა ქ. თბილისში 1939 წლის 16 დეკემბერს, 1957 წელს დაამთავრა ქ. თბილისის 31-ე საშუალო სკოლა და იმავე წელს გახდა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტი; აღნიშნული ფაკულტეტი დაამთავრა 1962 წელს სამთო-ინჟინრის კვალიფიკაციით.

1962–1965 წწ.-ში მუშაობდა რუსთავის მეტალურგიული ქარხნის მაღაროთა სამმართველო „სადახლოს“ ინჟინრად, შემდეგ კი, ამავე ქარხნის კირქვების და დოლომიტების საამქროს ცვლის უფროსად.

1965–1979 წწ.-ში იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამთო მექანიკის ინსტიტუტის უმცროსი მეცნიერ თანამშრომელი; ასპირანტურის დამთავრების შემდეგ 1977 წელს დაიცვა ქ. მოსკოვში საკანდიდატო დისერტაცია და მიენიჭა ეკონომიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხი.

1979–1981 წწ.-ში იყო საქართველოს ეკონომიკის სამინისტროსთან არსებული სახალხო მეურნეობის ეკონომიკის, დაგეგმვის და მართვის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, სექტორის გამგე.

1981–1983 წწ.-ში მუშაობდა საწარმოო გაერთიანება „საქნავთობის“ ლილოს ნავთობგაზ-მომპოვებელი სამმართველოს მთავარი ეკონომისტად; ხოლო, 1983–1984 წწ.-ში საწარმოო გაერთიანება „საქნავთობის“ პროფკომის თავჯდომარედ.

1984–1995 წწ.-ში იყო საწარმოო გაერთიანება „საქნავთობის“ ნორმატიულ-საკვლევი სადგურის უფროსი, ხოლო, 1995–2005 წწ.-ში შპს „ნავთობსამეცნიეროს“ ეკონომიკური კვლევების ლაბორატორიის გამგე.

2001 წელს იმყოფებოდა აშშ-ში როგორც საერთაშორისო პროგრამის „ნავთობის შემოსავლების მენეჯმენტი“ წევრი. მიღებული აქვს აშშ-ის ალასკის შტატის პარლამენტის ღირსების სერტიფიკატი.

ბატონი გოდერძი წლების განმავლობაში ეწევა პედაგოგიურ საქმიანობას და ღირსეულად

ემსახურება მაღალი კვალიფიკაციის საინჟინრო კადრების მომზადებას. 1991 წლიდან დღემდე მუშაობს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში; 1991-2006 წწ.-ში იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიისა და ქიმიურ-მეტალურგიული წარმოების ეკონომიკისა და ორგანიზაციის № 49 კათედრის დოცენტი; ხოლო 2006-2017 წწ.-ში ამავე უნივერსიტეტის ეკონომიკისა და მენეჯმენტის №49 მიმართულების პროფესორი და მრავალი წლის მანძილზე კითხულობს ლექციებს საწარმოთა ეკონომიკისა და მენეჯმენტში. წლების განმავლობაში იყო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს წევრი, სამთო საქმისა და გეოლოგიის მენეჯმენტის მიმართულების კოლეგიის სხდომის თავჯდომარე და მდივანი.

ბატონ გოდერძი ტაბატაძეს აკადემიურ მოღვაწეობაში პროფესიული აღიარებისათვის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს გადაწყვეტილებით, უნივერსიტეტში ხანგრძლივი, ნაყოფიერი პედაგოგიური და სამეცნიერო მოღვაწეობისათვის 2017 წელს მიენიჭა დამსახურებული პროფესორის და ემერიტუსის აკადემიური წოდება. ამჟამად ბატონი გოდერძი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სასწავლო-სამეცნიერო საქმიანობას სწორედ ემერიტუსის სტატუსით წარმართავს და დღესაც ჩვეული შემართებით და თავდადებათ განაგრძობს პედაგოგიურ საქმიანობას. მისი ხელმძღვანელობით მომზადებული და დაცულია მრავალი სადოქტორო და სამაგისტრო ნაშრომი. მის მიერ აღზრდილი თაობებიდან მრავალი ცნობილი მეცნიერი და სპეციალისტია.

გ. ტაბატაძეს გამოქვეყნებული აქვს 100-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, რომელთა შორისაა სამეცნიერო სტატიები, სახელმძღვანელოები და სხვა. მისი სამეცნიერო მოღვაწეობის ძირითადი თემატიკაა ეკონომიკისა და მენეჯმენტის პრობლემები სამთო საქმისა და გეოლოგიის, ნავთობისა და გაზის დარგში. არის სამეცნიერო ჟურნალ „საქართველოს ნავთობისა და გაზის“ სარედაქციო კოლეგიის წევრი. იგი მრავალი ადგილობრივი და საერთაშორისო სემინარისა და კონფერენციის აქტიური მონაწილეა.

განსაკუთრებით საგულისხმოა ბატონ გ. ტაბატაძის ადამიანური თვისებები პატიოსნება, შრომისმოყვარეობა, პასუხისმგებლობა, ფართო ერუდიცია, პროფესიონალიზმი, ღრმად განსწავლულობა, გულისხმიერება, მეგობრობა, პატრიოტიზმი, რითაც დიდი სიყვარული და პატივისცემა მოიპოვა კოლეგებსა და ახალგაზრდა თაობებს შორის. ამასთან, ბატონი გოდერძი არის გულისხმიერი, შესანიშნავი ოჯახის მამა-პყავს კეთილშობილი და სათნო მეუღლე ქალბატონი ნანა, ვაჟიშვილი ბექა, რძალი ნატა, შვილიშვილები ალექსანდრე და მარიამი; აღსანიშნავია, რომ ბექა წარმატებულად საქმიანობს პროფესიულ ასპარეზზე - ნავთობისა და გაზის სახელმწიფო სააგენტოში.

გულითადად გულოცავთ ბატონ გოდერძი ტაბატაძეს ღირსშესანიშნავ საიუბილეო თარიღს - დაბადებიდან 80 წლისთავს და ვუსურვებთ ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლეს და ნაყოფიერ შემოქმედებით მოღვაწეობას.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლები  
ჟურნალების „საქართველოს ნავთობი და გაზი“ და  
„სამთო ჟურნალის“ სარედაქციო კოლეგიები

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ!

### ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ

В «Горном журнале» публикуются материалы (научные статьи, информация, реклама и др.) на грузинском, русском и английском языках. Материалы статьи должны публиковаться впервые (кроме обзора зарубежных изданий, публикуемых по рекомендации Редколлегии), представлять новизну и иметь теоретическую и практическую значимость.

Материал для опубликования должен быть напечатан в формате А4 через один интервал и записан на диске CD. Для подготовки статьи должен использоваться Текстовый редактор Microsoft Word 2007/2010, шрифты: Грузинский – Acad Nusx, размер - 12 пт, русский - Times New Roman, размер - 12 пт, английский - Times New Roman, размер – 12 пт. Поля статьи: верхнее – 2 см; нижнее – 2 см; левое – 3 см; правое – 1,5 см.

**Материал статьи** должен быть изложен в следующей последовательности:

**УДК** – размер шрифта 14 пт, ФИО авторов заглавными буквами, шрифт – полужирный, размер шрифта – 12 пт, выравнивание по левому краю.

**Заголовок** должен быть набран заглавными буквами полужирным шрифтом (размер шрифта – 14 пт) и выравнивается по левому краю.

К статье должна прилагаться **аннотация** на двух языках, отличных от языка, на котором она написана. Авторы должны убедиться, что аннотация написана достаточно простым и понятным языком. **Аннотация** должна кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней выводы. Рекомендуемый средний объем аннотации составляет 600 печатных знаков. Шрифт - курсив, полужирный, выравнивание по ширине страницы. Размер шрифта – 12 пт.

**Ключевые слова** (на грузинском, русском и английском языках) – обязательны и должны содержать 5-10 слов и словосочетаний. Ключевые слова и словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой. Приведенные ключевые слова должны предельно точно отражать предметную область исследования.

**Текст статьи:** Размер шрифта – 12 пт, междустрочный интервал – одинарный, красная строка – 1,25 см. Форматирование выравниванием по ширине.

**Формулы и математические символы** должна

быть выполнены в Microsoft Equation.

**Таблицы** в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word.

**Рисунки и графический материал** размещаются в рамках рабочего поля. Допускается использование рисунков в форматах JPEG. Подпись под рисунком, шрифт полужирный, размер - 11 пт, выравнивание по центру, интервал – одинарный, в конце названия рисунка точка не ставится. Убедитесь, что все элементы рисунка указаны в подрисуночной надписи.

**Список литературы** размещается в конце статьи. Размер шрифта 12 пт., форматирование выравниванием по ширине страницы.

Фамилия и инициалы автора/авторов, название, выходные данные, включая название издательства.

**Примеры оформления списка литературы:**

### ЛИТЕРАТУРА

1. თ. ფორცხაღვაძე. 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.

К представленным материалам прилагаются данные об авторе (авторах) - место работы, должность, ученая степень и ученое звание, домашний или служебный адрес, телефон, E-mail.

Все статьи обязательно подлежат редакции (научной и технической).

## FOR AUTHORS!

### REQUIREMENTS FOR PREPARATION AND SUBMISSION SCIENTIFIC ARTICLES IN THE JOURNAL

The Mining Journal publishes materials (scientific articles, information, advertising, etc.) in Georgian, Russian, 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 - Acad Nusx, font size - 12 pt, Russian - Times New Roman, 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, 12 pt bold, left align.

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

**An abstract** should be attached to the article in two languages other than the language in which it is written. Authors need to ensure that **abstracts** 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, Russian 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.

**Figures and graphical material** are placed with-

in 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 a separate section headed "REFERENCES.", the font size - 12pt, justified. Surname and initials of the author / authors, name, imprint, including the name of the publisher.

**A few examples follow below:**

### REFERENCES

1. თ. ფორცხაღავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების შესახებ. "შამთო 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. Emelyanova EP The main laws of landslide processes. Nedra, Moscow, 1972. 310 p.

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).

## ავტორთა საყურადღებოდ!

### მოთხოვნები ჟურნალში გამოსაქვეყნებელი სამეცნიერო სტატიების გაფორმების და წარმოდგენისათვის

„სამთო ჟურნალში“ ქვეყნდება მასალები (სამეცნიერო სტატიები, ინფორმაცია, რეკლამა და სხვა) ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე. სტატიის მასალები უნდა ქვეყნდებოდეს პირველად (უცხოური გამოცემების ანალიზის გარდა, რომლებიც ქვეყნდება რედკოლეგიის რეკომენდაციით), წარმოადგენდეს სიახლეს და უნდა ქონდეს 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 - Acad Nusx, ზომა - 12, რუსული - TimesNew Roman, 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 AcadMtavr ასოებით, შრიფტი - გამუქებული, შრიფტის ზომა 14, გასწორება მარცხენა კიდეტან.

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

სტატიას უნდა ახლდეს **ანოტაცია** ორ უცხო ენაზე, რომლებიც არ წარმოადგენენ იმ ენას, რომელზეც სტატიაა დაწერილი. **ანოტაცია** მოკლედ უნდა აღწერდეს სტატიის საგანს და მასში აღწერილ ძირითად შედეგებს. ანოტაციის რეკომენდებული საშუალო მოცულობა შეადგენს 600 ნაბეჭდ ნიშანს. შრიფტი - დახრილი, გამუქებული, გასწორება ფურცლის მარცხენა და მარჯვენა კიდეებთან, შრიფტის ზომა - 12.

**საკვანძო სიტყვები** (ქართულ, რუსულ 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, აბზაცი - 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.

**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, ინტერვალის - 1, სურათის დასახელების ბოლოს წერტილი არ ისმება.

**ლიტერატურა** მოთავსებულია სტატიის ბოლოს. შრიფტის ზომა 12, დაფორმატება: გასწორება ფურცლის მარცხენა და მარჯვენა კიდეებთან.

უნდა შეიცავდეს ავტორის/ავტორთა გვარებსა და ინიციალებს, დასახელებას, მონაცემებს გამომცემლობის შესახებ.

**ლიტერატურის გაფორმების ნიმუში:**

### ლიტერატურა

1. თ. ფირცხალავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მაგნე 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.

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.)

ყველა სტატია აუცილებლად გაივლის როგორც სამეცნიერო, ასევე ტექნიკურ რედაქტირებას.

## რედაქციისგან

სამეცნიერო, საინჟინრო, საინფორმაციო, ანალიზური, რეფერი-რებადი „სამთო ჟურნალი“ გამოდის 1998 წლიდან. ამ ხნის განმავლობაში ჟურნალი ერთადერთია, რომელშიც ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენაზე სისტემატიურად იბეჭდება სამთო-გეოლოგიური დარგის პრობლემისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო ნაშრომები. ჟურნალმა დიდი დახმარება გაუწია არა მხოლოდ ამ დარგში მოღვაწე გამოჩენილ მეცნიერებს, არამედ ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებს, დოქტორანტებს. მთელი ამ ხნის განმავლობაში ჟურნალის საქმიანობას უდიდესი პროფესიონალიზმით და რუდუნებით უძღვებოდა **ტ.მ.დ. პროფ. ლეონ მახარაძე**, რომლის პირადი დამსახურებაა, რომ „სამთო ჟურნალი“ უდიდესი ავტორიტეტით სარგებლობს საზოგადოებაში და სამეცნიერო წრეებში.

„სამთო ჟურნალის“ სარედაქციო კოლეგია განეული ფასდაუდებელი შრომისათვის უღრმეს მადლობას უხდის პროფ. ლ. მახარაძეს, უსურვებს მას ჯანმრთელობას და ხანგრძლივ, ნაყოფიერ სამეცნიერო მოღვაწეობას ჩვენი ქვეყნის საკეთილდღეოდ.