



ISSN 1512-407X

სამეცნიერო  
საინჟინრო  
საინფორმაციო  
ანალიზური  
რეფერირებადი

# სამთო ჟურნალი

MINING JOURNAL  
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

1(45)

2022

დამფუძნებლები - ОСНОВАТЕЛИ - FOUNDER



საქართველოს სამთო საზოგადოება  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი

ГОРНОЕ ОБЩЕСТВО ГРУЗИИ  
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЮЛПГ 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. ABSHILAVA

### სარედაქციო კოლეგია

აკად. დოქტ. თ. ახვლედიანი, პროფ. ი. გუჯაბიძე, პროფ. ნ. ილიაში (რუმინეთი), პროფ. ფ. მარკუისი (აშშ),  
პროფ. თ. კუნჭულია, პროფ. ნ. ფოფორაძე, პროფ. ნ. ჩიხრაძე, პროფ. ვ. ჭანტურია (რუსეთი),  
საქ. მეცნ. ერ. აკადემიის აკადემიკოსი ლ. ჯავახიძე, აკად. დოქტ. რ. კვატაშიძე, აკად. დოქტ. თ. ლიპარტია,  
აკად. დოქტ. ზ. კაკულია, გმმდ თ. წულუნავა, აკად. დოქტ. გ. ჯავახიშვილი, ს. სტერიაკოვა (ტექნ. რედ.),  
აკად. დოქტ. ნ. ჯავახიძე (ტექნ. რედ.).

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АКАД. ДОКТ. Т. АХВЛЕДИАНИ, ПРОФ. И. ГУДЖАБИДZE, ПРОФ. Н. ИЛЬЯШ (РУМЫНИЯ),  
ПРОФ. Ф.МАРКУИС (США), ПРОФ. Т. КУНЧУЛИЯ, ПРОФ. Н. ПОПОРАДZE, ПРОФ. Н. ЧИХРАДZE,  
ПРОФ. В. ЧАНТУРИЯ (РОССИЯ), АКАДЕМИК АКАД. НАУК ГРУЗИИ Л. ДЖАПАРИDZE,  
АКАД. ДОКТ. Р. КВАТАШИДZE, АКАД. ДОКТ. Т. ЛИПАРТИЯ, АКАД. ДОКТ. З. КАКУЛИЯ,  
Д.Г.-М.Н. Т. ЦУЦУНАВА, АКАД. ДОКТ. Г. ДЖАВАХИШВИЛИ, С. СТЕРЯКОВА (ТЕХН. РЕД.),  
АКАД. ДОКТ. Н. ДЖАПАРИDZE (ТЕХН. РЕД.),

### EDITORIAL BOARD

AC. DOC. T. AKHVLEDIANI, PROF. I. GUJABIDZE, PROF. N. ILYASH (ROMANIA), PROF. F. MARKUIS (USA),  
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, DR. IN GEOLOGY AND MINERALOGY T. TSUTSUNAVA,  
AKAD. DOC. G. JAVAKHISHVILI, S. STERIAKOVA (TECH. EDIT.), N. JAPARIDZE (TECH. EDIT.)

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

საინჟინრო 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  
Svedal  
www.svedala.com

წიაღისეულის გამდიდრება

Larox  
www.larox.com  
Nordberg  
www.norberg.com  
Outokumpu Mintec  
www.outokumpu.com  
Svedala  
ww.svedala.com

სამთო ინფორმაცია

Mining Journal  
www.mininginformation.com  
www.miningevents.com  
სამთო პროგრამული  
uzrunvelyofa  
Mintec  
www.mintec.com

მილსადენი სისტემები

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

მადნის დაწვრილმანება  
და გაცრა

Atlas Corpo  
www.swellex.com

თანამგზავრული

კომუნიკაციები  
Inmarsat  
www.via-inmarsat.com

საბადოთა ღია დამუშავება

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

www.mmsi.com  
O^KMinig  
www.ok-mining.com  
Padley and Venables  
www.padley-venbles.com  
Rockmore International  
www.rockmore-intl.com  
Sandvik Rock Tools  
www.sandvik.com  
Sandvik Tamrock  
www.samdviktamrock.com  
Vost Alpine  
www.vaeimco.com

საბადოთა მიწისქვეშა  
დამუშავება

Atlas Corpo  
www.atlascopco.com  
www.copdrill.com  
Atlas Corpo Wagner  
www.atlascopco.com  
Boart Longyear  
www.boartlongyear.com  
Caterpillar  
www.CAT.com  
Fosroc Minig  
www.fosrocmining.com  
Ingersoll-Rand  
www.orgmg.com  
MBT/Meyco  
www.ugc.mbt.com  
McIntosh Redpath Engineering  
www.mcintoshengineering.com  
Modular Minig Systems  
www.mmsi.com  
Padley and Vanbles  
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 Minitech  
www.swedengineers.com  
Vost Alpine  
www.vaeimco.com

**სამთო მრეწველობის პრობლემები**

გ. ლობჯანიძე, ბ. კახაძე, თ. ბუბულაშვილი, გ. მაჩაიძე,  
 გ. ნანიტაშვილი, გ. ხევერიანი  
 მინერალური რესურსების ეფექტიანი ათვისების  
 გლობალური გამოწვევები და პერსპექტივები ..... 5

გ. ლობჯანიძე, გ. ნანიტაშვილი, გ. მაჩაიძე, ზ. გუდავაძე  
 იმერეთის რეგიონში სამთო-სამრეწველო კლასტერების  
 ფორმირების პერსპექტივები ..... 12

ნ. დოლიძე  
 ნახშირის წვრილმარცვლოვანი ფრაქციების  
 დაბრიკეტების შედეგად მიღებული პროდუქციის  
 გამოყენების პერსპექტივები ..... 24

**სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრება**

ა. შევილაძე, თ. კავთელაშვილი, მ. ბაღნაშვილი, ი. სამხარაძე, ს. მაღლაკელიძე  
 გუმბრის საბადოს გალუკონტიანი ქვიშების კვლევა  
 გამდიდრებადობაზე კონცენტრატის მიღების მიზნით .....26

**სამთო ელექტროგამქანება**

ლ. მახარაძე, ა. შარიქაძე, ს. სტერიაკოვა  
 ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენში  
 ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს ჰიდროაერონარევის  
 ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის  
 გაზომვის ხერხი..... 32

ლ. მახარაძე, ლ. გავაშვილი, ს. სტერიაკოვა  
 ტენზოელექტრული მანომეტრი სადაწნეო ჰიდრო-  
 სატრანსპორტო სისტემებში წნევების გასაზომად..... 36

ზ. მჭედლიშვილი, ი. აჯიხაძე, მ. ლოსაბერიძე  
 ტემპერატურული დამაბულობები სამთო მანქანების  
 ბრუნვითი სხეულების ფორმის მქონე დეტალებში ..... 40

მ. წერეთელი, ნ. რუხაძე, ი. წერეთელი  
 ასინქრონული ძრავას ამუშავების  
 გარდამავალი რეჟიმი..... 42

მ. წერეთელი, ნ. რუხაძე, ი. წერეთელი  
 ასინქრონული ძრავას მექანიკური მახასიათებლების  
 გაანგარიშება და აგება ..... 48

**ავთომობილის ენერჯის გამოყენება**

ზ. კუჭუხიძე, ნ. აბესაძე, გ. შატერაშვილი,  
 გ. ბეინაშვილი, ს. მურჯიჯელი  
 შენობა-ნეგებობებზე აფეთქებით გამოწვეული სეისმური  
 რხევების ზემოქმედების ანალიზი ..... 53

მ. ნადირაშვილი, ნ. აბესაძე  
 ქიმიის მნიშვნელობა სამხედრო საქმეში ..... 58

**უსაფრთხოების ტექნიკა**

ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა  
 მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების  
 ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა ..... 63

ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა  
 კათოდური დაცვის ანოდური დამმნიწებლის  
 გაწყლოვანების მოწყობილობა ..... 67

გ. ნოზაძე, დ. პატარაია, დ. ძიგვაშვილი, თ. კობიძე,  
 რ. მასურაძე, გ. ახვლედიანი  
 საბაგრო დამცავი ბარიერები და მათი რაციონალური  
 გამოყენება საქართველოს გზებზე ..... 70

**ანალიზი**

ა. ბეჟანიშვილი  
 ქანის ტანგენციური ჭრის სახეობის ძირითადი  
 კანონზომიერებები და მათი ანალიზი..... 74

კ. ხაჩატურიანი, ნ. გეგია, თ. გურული, ე. უკლება  
 ვანისქედის საბადოს ბენტონიტის (საქართველო)  
 ფილტრაციის მაჩვენებლის შეფასება ღვინის გაკამკამების  
 პროცესში გამოყენების მიზნით ..... 79

ზ. მჭედლიშვილი, მ. ლოსაბერიძე, ი. შურღაია  
 მართკუთხა კვეთის მქონე მრავალფენიანი კოჭის  
 სიმტკიცეზე ანგარიში ..... 84  
 ნ. ენუქიძე  
 დაკიდებულ ან მჯდომარე წვეთზე ადსორბციული  
 მრუდების უწყვეტი რეგისტრაციის მეთოდის  
 დასაბუთება..... 87

**ეკოლოგია**

თ. ფირცხალავა  
 კარიერებზე მასობრივი აფეთქებების ჩატარებისას  
 გამოყოფილი მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს  
 დაბინძურების ანალიზი..... 94

მ. ჩხარტიშვილი, ი. შვანგირაძე  
 სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამქიმიკატები  
 და ეკოლოგიური უსაფრთხოება..... 99

ზ. სვანიძე  
 მძიმე ტოქსიკური ლითონებით გაჭუჭყიანების დონის  
 შეფასება მდ. მტკვარში..... 101

**ბეოლოგია**

რ. მიგინიშვილი  
 მუშევანი-2 ოქრო-სპილენძის საბადოს მადნიანი  
 ძარღვაკების სისტემები, საქართველო: წინასწარი  
 შედეგები ..... 104

დ. ბლუაშვილი, გ. მინდიაშვილი  
 გუჯარეთი-წყაროსთავის (ხაჩკოვი) მადნიანი ველის  
 წყვეტითი აშლილობანი, გავრცელების მასშტაბები და  
 წარმოშობის პირობები ..... 109

ა. კვიციანი, ა. გურჩიანი, გ. ეფენია  
 ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს  
 მადნების ნივთიერი შედგენილობის თავისებურებანი  
 და ოქროს გამადნების ძებნის  
 მინერალოგიური კრიტერიუმები ..... 114

**ბახსენება**

შაპარი არკადი გრიგორის ძე.....119  
 ომარი (მიხეილ) გამცემლიძე .....121  
 გოდერძი ტაბატაძე .....122  
 ფელიკს ბეჟანოვი .....124

ავტორთა საჭურჭლეობა .....125

**ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
 ЛОБДЖАНИДZE Г.З., КАХАДZE Б.Г., БУТУЛАШВИЛИ Т.Л., МАЧАИДZE Г.Л.,  
 НАНИТАШВИЛИ Г.Ж., ХЕЦУРИАНИ Г.  
**ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**  
**ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-**  
**СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ.....5**

ЛОБДЖАНИДZE Г.З., НАНИТАШВИЛИ Г. Ж., МАЧАИДZE Г. Л.,  
 ГУДАВАДZE З.Л.  
**ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ**  
**ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ В**  
**ИМЕРЕТИНСКОМ РЕГИОНЕ .....12**

ДОЛИДZE Н.Р.  
**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ,**  
**ПОЛУЧЕННОЙ БРИКЕТИРОВАНИЕМ**  
**МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ФРАКЦИЙ УГЛЯ.....24**

**ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**  
 ШЕКИЛАДZE А.И., КAVTEЛAШВИЛИ О.А., БАГНАШВИЛИ М.Г.,  
 САМХАРАДZE И.Ш., МАГЛАКЕЛИДZE С.  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ**  
**ПЕСКОВ ГУМБРИЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА**  
**ОБОГАТИМОСТЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА.....26**

**ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА**  
 МАХАРАДZE Л.И., ШАРИКАДZE А.Т., СТЕРЯКОВА С.И.  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗОНЫ ОТРЫВА**  
**ГИДРОАЭРОПОТОКА В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ**  
**ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ**  
**ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ .....32**

МАХАРАДZE Л.И., ГАВАШЕЛИ Л.И., СТЕРЯКОВА С.И.  
**ТЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МАНОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ**  
**ДАВЛЕНИЙ В НАПОРНЫХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ**  
**СИСТЕМАХ.....36**

МЧЕДЛИШВИЛИ З. Т., ДЖИХВАДZE И. ДЖ., ЛОСАБЕРИДZE М. В.  
**ТЕМПЕРАТУРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ В ДЕТАЛЯХ ГОРНЫХ**  
**МАШИН, ИМЕЮЩИХ ФОРМУ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ .....40**

ЦЕРЕТЕЛИ М.В., РУХАДZE Н.И., ЦЕРЕТЕЛИ И.М.  
**ПЕРЕХОДНЫЙ РЕЖИМ ПУСКА АСИНХРОННОГО**  
**ДВИГАТЕЛЯ .....42**

ЦЕРЕТЕЛИ М.В., РУХАДZE Н.И., ЦЕРЕТЕЛИ И.М.  
**РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ**  
**ХАРАКТЕРИСТИК**  
**АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ .....48**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА**  
 КУЧУХИДZE З.К., АБЕСАДZE Н.А., ШАТБЕРАШВИЛИ Г.Г.,  
 БЕИНАШВИЛИ Г.Г., МУРДЖИКНЕЛИ С.К.  
**АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ**  
**КОЛЕБАНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВЗРЫВОМ .....53**

НАДИРАШВИЛИ М.Д., АБЕСАДZE Н.А.  
**ЗНАЧЕНИЕ ХИМИИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ .....58**

**ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**  
 ЛЕЛУАШВИЛИ Л.В., ЛЕЛУАШВИЛИ Г.Л., СТЕРЯКОВА С.И.  
**ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ**  
**ОТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ .....63**

ЛЕЛУАШВИЛИ Л.В., РИГИШВИЛИ Т.Р.,  
 ЛЕЛУАШВИЛИ Г.Л., СТЕРЯКОВА С.И.  
**УСТРОЙСТВО АНОДНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ**  
**КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ .....67**

НОЗАДZE Г.Ч., ПАТАРАЯ Д.И., ДЗИГВАШВИЛИ В.Р., КОБИДZE Т.Р.,  
 МАЙСУРАДZE Р.Г., АХВЛЕДИАНИ Г.  
**КАНАТНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ БАРЬЕРЫ И ИХ**  
**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ДОРОГАХ**  
**ГРУЗИИ.....70**

**АНАЛИЗ**  
 БЕЖАНИШВИЛИ А.Г.  
**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО**  
**ВИДА РАЗРУШЕНИЯ ПОРОДЫ И ИХ АНАЛИЗ .....74**

ХАЧАТУРЯН К.К., ГЕГИЯ Н.А., ГУРУЛИ Т.С., УКЛЕБА Е.Н.  
**ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**  
**БЕНТОНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВАНИСКЕДИ**  
**(ГРУЗИЯ) С ЦЕЛЬЮ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ**  
**В ПРОЦЕССЕ ОСВЕЩЕНИЯ ВИНА .....79**

МЧЕДЛИШВИЛИ З.Т., ЛОСАБЕРИДZE М.В., ШУРГАЯ И.Б.  
**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ МНОГОСЛОЙНОЙ БАЛКИ**  
**ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ .....84**

Н.Е. ЕНУКИДZE  
**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА НЕПРЕРЫВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ**  
**АДСОРБЦИОННЫХ КРИВЫХ НА ВИСЯЧЕЙ И/ИЛИ**  
**СИДЯЧЕЙ КАПЛЯХ.....87**

**ЭКОЛОГИЯ**  
 ПИРЦХАЛАВА Т.Г.  
**АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ**  
**АТМОСФЕРЫ КАРЬЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ**  
**МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ.....94**

ЧХАРТИШВИЛИ М., ШВАНГИРАДZE И.  
**ЯДОХИМИКАТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СЕЛЬСКОМ**  
**ХОЗЯЙСТВЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....99**

СВАНИДZE З.  
**ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ**  
**ТОКСИЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РЕКЕ КУРА .....101**

**ГЕОЛОГИЯ**  
 МИГИНЕИШВИЛИ Р.  
**СИСТЕМЫ РУДНЫХ ПРОЖИЛКОВ ЗОЛОТОМЕДНОГО**  
**МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУШЕВАНИ-2, ГРУЗИЯ:**  
**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ .....104**

БЛУАШВИЛИ Д., МИНДИАШВИЛИ Г.  
**РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ ГУДЖАРЕТИ-**  
**ЦКАРОСТАВСКОГО (ХАЧКОВИ) РУДНОГО ПОЛЯ,**  
**МАСШТАБЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И УСЛОВИЯ**  
**ОБРАЗОВАНИЯ .....109**

КВИЦИАНИ А., ГУРЧИАНИ А., ЕФЕНИЯ Г.  
**ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУД**  
**ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**  
**БНЕЛИХЕВИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ**  
**ПОИСКА ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....114**

**ПАМЯТЬ**  
 ШАПАРЬ АРКАДИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ .....119  
 ОМАРИ (МИХЕИЛ) ГАМЦЕМЛИДZE .....121  
 ГОДЕРДЗИ ТАБАТАДZE .....122  
 БЕЖАНОВ ФЕЛИКС .....124

**К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ.....125**

**PROBLEMS OF MINING INDUSTRY**

LOBJANIDZE G., NANITASHVILI G., KAKHADZE B., BUTULASHVILI T.,  
MACHAIDZE G., NANITASHVILI G., KHETSURIANI G.  
GLOBAL CHALLENGES AND PROSPECTS FOR EFFICIENT  
ASSIMILATE OF MINERAL RESOURCES ..... 5

LOBJANIDZE G., NANITASHVILI G., MACHAIDZE G., GUDAVADZE Z.  
PERSPECTIVE OF FORMATION OF MINING-INDUSTRIAL  
CLUSTERS IN IMERETI REGION ..... 12

DOLIDZE N.  
PROSPECTS FOR THE USE OF PRODUCTS GAINED AS A  
RESULT OF BRIQUETTING OF FINE-GRAINED  
FRACTIONS OF COAL ..... 24

**PROCESSING**

SHEKILADZE A., KAVTELASHVILI O., BAGNASHVILI M.,  
SAMKHARADZE I., MAGLAKELIDZE S.  
A STUDY OF GLAUCONITE CONTAINING SANDS OF GUM-  
BRI DEPOSIT ON THE ENRICHMENT FOR OBTAINING  
CONCENTRATE ..... 26

**MINING ELECTROMECHANICS**

MAKHARADZE L., GAVASHELI L., STERIAKOVA S.  
TENSOELECTRIC MANOMETER IN PRESSURIZED  
HYDRAULIC TRANSPORTING SYSTEMS TO MEASURE  
PRESSURES ..... 32

MAKHARADZE L., SHARIKADZE A., STERIAKOVA S.  
METHOD FOR MEASURING THE VOLUME OF THE HY-  
DROAIR FLOW INTERRUPTION ZONE DURING HYDRAU-  
LIC IMPACT IN THE PRESSURE PIPELINE OF THE HY-  
DRAULIC TRANSPORT SYSTEM ..... 36

MCHEDLISHVILI Z., JHVADZE I., LOSABERIDZE M.  
TEMPERATURE STRESSES IN PARTS OF MINING MA-  
CHINES HAVING THE SHAPE OF BODIES OF  
REVOLUTION ..... 40

TSERETELI M., RUXADZE N., TSERETELI I.  
TRANSITION MODE DISCUSSES THE ASYNCRRONUS MO-  
TOR STARTING MODE ..... 42

TSERETELI M., RUXADZE N., TSERETELI I.  
ASYNCHRONOUS MOTOR MECHANICAL CHARACTERIS-  
TICS CALCULATION AND CONSTRUCTION ..... 48

**APPLICATION OF EXPLOSIVE ENERGY**

KUCHUKHIDZE Z., ABESADZE N., SHATBERASHVILI G.,  
BEINASHVILI G., MURDJIKNELI S.  
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SEISMIC VIBRATIONS  
CAUSED BY EXPLOSION ON BUILDINGS ..... 53

NADIRASHVILI M., ABESADZE N.  
THE IMPORTANCE OF CHEMISTRY IN MILITARY  
AFFAIRS ..... 58

**SAFETY TECHNOLOGY**

LELUASHVILI L., LELUASHVILI G., STERIAKOVA S.  
ELECTROCHEMICAL PROTECTION OF UNDERGROUND  
METAL RESERVOIRS FROM CORROSION ..... 63

LELUASHVILI L., RIGISHVILI T., LELUASHVILI G., STERIAKOVA S.  
ANODE EARTHING DEVICE FOR CATHODIC  
PROTECTION ..... 67

NOZADZE G., PATARAIA D., KOBIDZE T., DZIGVASHVILI D.,  
MAISURADZE R., AKHVLEDIANI G.  
CABLE PROTECTIVE BARRIERS AND THEIR RATIONAL  
USE IN GEORGIAN ROAD ..... 70

**ANALYSIS**

BEZHANISHVILI A.  
MAIN REGULARITIES OF ROCK TANGENTIAL CUTTING  
ASPECT AND ITS ANALYSIS ..... 74

KHACHATURIAN K., GEGIA N., GURULI T., UKLEBA E.  
EVALUATION OF FILTERING CAPACITY OF BENTONITE  
VANISKEDI (GEORGIA) FIELDS FOR THE PURPOSE  
IT'S APPLICATION IN THE PROCESS OF WINE  
CLARIFICATION ..... 79

MCHEDLISHVILI Z., LOSABERIDZE M., SHURGAIYA I.  
CALCULATION OF STRENGTH OF MULTI-LAYER  
BEAM OF RECTANGULAR CROSS SECTION ..... 84

ENUKIDZE N.  
JUSTIFICATION OF METHOD FOR CONTINUOUS RECORD-  
ING OF ADSORPTION CURVES ON PENDANT AND/OR  
SESSILE DROPS ..... 87

**ECOLOGY**

PIRTSKHALAVA T.  
ANALYSIS OF POLLUTION BY HAZARDOUS SUBSTANCES  
OF THE ATMOSPHERE OF A PARE DURING MASS  
EXPLOSIONS ..... 94

CHKHARTISHVILI M., SHVANGIRADZE I.  
POISONCHEMICALS USED IN ARGICULTURE AND  
ENVIRONMENTAL SAFETY ..... 99

SVANIDZE Z.  
EVALUATION OF THE LEVELS OF POLLUTION WITH  
HEAVY TOXIC METALS ..... 101

**GEOLOGY**

MIGINEISHVILI R.  
ORE VEINLET SETS AT THE MUSHEVANI-2 GOLD-COPPER  
DEPOSIT, GEORGIA: PRELIMINARY RESULTS ..... 104

BLUASHVILI D., MINDIASHVILI G.  
DISCONTINUITIES, DISTRIBUTION SCALES AND FOR-  
MATION CONDITIONS OF GUJARETI-TSKAROSTAVI  
(KHACHKOVI) ORE FIELD ..... 109

KVITSIANI A., GURCHIANI A., EFENIA G.  
PECULIARITIES OF THE SUBSTANCE COMPOSITION  
OF THE ORES OF BNELIKHEVI GOLD-POLYMETALLIC  
DEPOSIT AND MINERALOGICAL CRITERIA OF EXPLORA-  
TION OF A GOLD DEPOSIT ..... 114

**MEMORY**

SHAPAR ARKADY ..... 119  
OMARI (MIKHEIL) GAMTSEMLIDZE ..... 121  
GODERDZI TABATADZE ..... 122  
BEJANOV FELIX ..... 124

ATTENTION ..... 125

აკად. დოქტორი გ. ლობჯანიძე, აკად. დოქტორი ბ. კახაძე,  
აკად. დოქტორი თ. ბუტულაშვილი, აკად. დოქტორი გ. მაჩაიძე,  
ბიზნესის ადმინისტრირების დოქტორი გ. ნანიტაშვილი, აკად. დოქტორი გ. ხეცურიანი

## მინერალური რესურსების ეფექტიანი ათვისების გლობალური გამოწვევები და პერსპექტივები

*ანოტაცია. ნაშრომში გაანალიზებულია მინერალური რესურსების ეფექტიანი ათვისების გლობალური გამოწვევები, ტენდენციები და პერსპექტივები COVID-19-ის პანდემიის პერიოდსა და პირობებში, რომელმაც სხვადასხვა გზით იმოქმედა მინერალურ-სანედლეულო სასაქონლო ბაზრებსა და სამთო მრეწველობაზე მთელს მსოფლიოში. კორონავირუსის გავრცელების და მთავრობის მიერ დაწესებული შეზღუდვების გამო კომპანიების მოპოვების ოპერაციები გარკვეულწილად დაზარალდა და მოთხოვნა ზოგიერთ საქონელზე შემცირდა. სტატიაში განიხილილია COVID-19-ის პანდემიის პოტენციური გრძელვადიანი გავლენა, გლობალური რისკები და ტენდენციები მინერალურ-სანედლეულო პროდუქციის მომავალი მოთხოვნაზე, სამთო კომპანიების ტაქტიკურ, სტრატეგიულ ნაბიჯებსა და პერსპექტივებზე, რათა სამთო ინდუსტრიაში სწრაფად და ეფექტურად განხორციელდეს მიმდინარე კრიზისის რაციონალური და ოპტიმალური მართვა. შემუშავებულია წინადადებები და პრაქტიკული რეკომენდაციები საკვლევ სექტორში პოლიტიკის ფორმირებისა და რეალიზაციის მექანიზმის ეტაპების თეორიულ-მეთოდოლოგიური საფუძვლების შესახებ.*

**საკვანძო სიტყვები:** COVID-19 პანდემია, მინერალური რესურსები; სამთო ინდუსტრია; გლობალური რისკები; გლობალური ტენდენციები; განვითარების პერსპექტივები.

COVID-19 პანდემიამ საგრძნობი ცვლილებები შემოიტანა როგორც სახელმწიფოების, ასევე მათი ცალკეული სექტორების, საზოგადოებების სოციალურ-ეკონომიკურ ცხოვრებაში და საკმაოდ მნიშვნელოვანი, განსხვავებული გავლენა მოახდინა მთელ მსოფლიოში სასაქონლო ბაზრებსა და სამთო მრეწველობაზე, სადაც ნიშანდობლივია გლობალური რისკების და COVID-19 პანდემიის პოტენციური გავლენა მინერალურ-სანედლეულო საქონლის მომავალ მოთხოვნაზე, სამთო ინდუსტრიის და მასში შემავალი კომპანიების განვითარების ტაქტიკურ, სტრატეგიულ მიმართულებებსა და პერსპექტივებზე არსებული კრიზისის სწრაფად და ეფექტიანად გადაჭრის პირობებში. როგორც ცნობილია, კორონავირუსის გლობალური პანდემიის და მთავრობების მიერ დაწესებული მოთხოვნების შედეგად, მინერალური რესურსების მომპოვებელი კომპანიების საქმიანობა გარკვეულწილად შეფერხდა, რამაც განაპირობა ზოგიერთ საქონელზე მოთხოვნის დაცემა. ასეთ პირობებში, კომპანიები იძულებულნი არიან აამაღლონ და გააძლიერონ პერსონალის სანიტარული დაცვის ორგანიზაცია, რაც წარმოშობს დამატებითი ხარჯებს, შესაბამისად ოფისების თანამშრომლების გარკვეული ნაწილი გადავიდა ე.წ. „დისტანციურ მუშაობაზე“.

პანდემიის მიუხედავად, მართალია, სამთო

მრეწველობა შედარებით სტაბილურად მუშაობს, წარმოებს მინერალურ მოპოვება, მუშავდება ქვანახშირის, ნავთობისა და მადნის საბადოები, თუმცა ეს სამუშაოები სულ უფრო რთულ პირობებში მიმდინარეობს – როგორც გეოგრაფიული, ისე გეოლოგიური მიმართულებით, ამასთან ცალკეული სახელმწიფოების მიერ საგადასახადო შეღავათების გაუქმებამ რთული საბადოების ათვისების საქმეში, შესაძლოა გამოიწვიოს ასობით საბადოს დახურვა და სამუშაო ადგილების დაკარგვა. ბევრი სამთო კომპანია, მ. შ. ზოგი მათგანი პირველად განიცდის მარაგების ჯაჭვის გლობალიზაციის უარყოფით შედეგებს, ზედამოვარავი წარმოებისა და სპეციალიზაციის პირობებში.

ამასთან, აღსანიშნავია, რომ პანდემიამ წარმოაჩინა ინდუსტრიის მდგრადობა და ის როლი, რომელსაც სამთო კომპანიები ასრულებენ ადგილობრივი საზოგადოებებისა და მთლიანად ეკონომიკის მხარდაჭერაში. მიუხედავად იმისა, რომ კრიზისიდან გამოსვლა ჯერჯერობით გაურკვეველია, სამთო კომპანიები უკვე ანალიზებენ გაკვეთილებს, რომლებიც მათ შექმნილი ვითარებიდან ისწავლეს. აქ მნიშვნელოვანია ცხრილში 1 წარმოდგენილი სამთო მრეწველობის პანდემიანდელი და პანდემიის პერიოდში, 2019-2022 წლის გლობალური ძირითადი რისკების ანალიზი, რათა გამოვლინდეს მათი გადაჭრის ის ძირითადი კანონზომიერებები და ტენდენციები, რომლებიც საკვლევი სექტორის ეფექტიანი და მდგრადი განვითარების პერსპექტივების შესაძლებლობებს განსაზღვრავს.

მიუხედავად იმ გამოწვევისა, რომ პანდემიამ შეიძლება შეანელოს გლობალური გადასვლა მდგრად განვითარებაზე, პირიქით მოხდა. მართალია, გარემოზე ზრუნვა და ადგილობრივი საზოგადოებების დახმარება კომპანიებს ეხმარება კარგი რეპუტაციის მოპოვებაში და ბოლო დროს ინდუსტრიაში აქტიურად განიხილება ენერჯეტიკული ტრანზიციის და დეკარბონიზაცია, მაგრამ 2022 წლის რისკის რეიტინგში პირველ ადგილზეა – ეკოლოგია და სოციალური პასუხისმგებლობა, რასაც მოჰყვა დეკარბონიზაცია, რომელიც წარმოადგენს როგორც სტრატეგიულ რისკს, ასევე შესაძლებლობას და შემდეგ საქმიანობის ლიცენზია (LTO). ჩვენი აზრით, ამის მიზეზი, არის ის, რომ სამთო და მეტალურგიულ კომპანიებთან ერთად, ეს საკითხები უფრო და უფრო მეტ სფეროზე აისახება, რადგან საზოგადოების მოლოდინები დარგთან მიმართებაში იზრდება, ასევე ეს არის ერთგვარი სიგნალი სამთო-მეტალურგიული ინდუსტრიის მოთამაშეებისთვის, რომ გარკვეული ფაქტორების განალიზებისას მათ უფრო ფართოდ უნდა შეხედონ პრობლემას. ასევე, აღსანიშნავია, რომ დეკარბონიზაცია რადიკალურად ცვლის დარგის სახეს და ამიტომ ის ერთ-ერთ სტრატეგიულ რისკად უნდა ჩაითვალოს, როგორც ბიზნესის განვითარების საერთო სტრატეგიის ნაწილი, ვიდრე ცალკე კლიმატის ცალკეული სტრატეგია. აქ მნიშვნელოვანია ფართო საზოგადოებასთან კომუნიკაცია

**სამთო მრეწველობის პრობლემები - ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - PROBLEMS OF MINING INDUSTRY**

კომპანიების მენეჯმენტის გეგმების შესახებ, რათა მიღწეულ იქნას ნახშირბადის ნულოვანი შედეგები, რაც ამ გზაზე მნიშვნელოვანი ეტაპების შესახებ კომპანიებს დაეხმარება მოიპოვონ მინიმუმ ინვესტორების ნდობა და მაქსიმუმ - კონკურენტული უპირატესობა.

რეიტინგში აღსანიშნავია ორი ახალი რისკი - მოთხოვნის გაურკვეველობა და ახალი ბიზნეს მოდელები, რომლებიც ხაზს უსვამენ მიმდინარე ცვალბადობას ბაზარზე ჯერ კიდევ COVID-19 პანდემიის ზეგავლენით. [1, 2, 3, 4].

**ცხრილი 1**

**სამთო მრეწველობის 2021 წლის ძირითადი რისკები [1, 2, 3, 4]**

№	წლები			
	2019	2020	2021	2022
1	მაკრო ფინანსური რისკები	სანედლეულო სასაქონლო ფასების ცვლილების რისკი	სანედლეულო სასაქონლო ფასების ცვლილების რისკი	ეკოლოგია და სოციალური პასუხისმგებლობა
2	რისკის დაშვება	ნებართვების დოკუმენტაციის მიღებასთან დაკავშირებული	გლობალური პანდემია	დეკარბონიზაცია
3	ადგილობრივ საზოგადოებასთან ურთიერთობა და კომპანიების საქმიანობის საზოგადოებრივი კეთილგანწყობა (ე.წ. „სოციალური ლიცენზია“)	კაპიტალზე წვდომა, ლიკვიდურობის ჩათვლით	ეკონომიკური ვარდნა / ეკონომიკური გაურკვეველობა	ლიცენზია საქმიანობაზე
4	კაპიტალზე წვდომა, ლიკვიდურობის ჩათვლით	ადგილობრივ საზოგადოებასთან ურთიერთობა და კომპანიების საქმიანობის საზოგადოებრივი კეთილგანწყობა (ე.წ. „სოციალური ლიცენზია“)	ადგილობრივ საზოგადოებასთან ურთიერთობა და კომპანიების საქმიანობის საზოგადოებრივი კეთილგანწყობა (ე.წ. „სოციალური ლიცენზია“)	გეოპოლიტიკა
5	ეკონომიკური ვარდნა / ეკონომიკური გაურკვეველობა	პოლიტიკური არასტაბილურობა	ეკოლოგიური რისკები, მ. შ. ბუნების დაცვის ახალი ნორმები, რეგულაციები და ეკოლოგიური მოთხოვნები	კაპიტალის მართვა
6	რეზერვებზე წვდომის და შეცვლის უნარი	ეკონომიკური ვარდნა / ეკონომიკური გაურკვეველობა	ნებართვების დოკუმენტაციის მიღებასთან დაკავშირებული	მოთხოვნის გაურკვეველობა
7	პოლიტიკური არასტაბილურობა	კანონმდებლობისა და მარეგულირებელი ორგანოების მოთხოვნების ცვლილება, ეკოლოგიური, ახალი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები	პოლიტიკური მდგომარეობის არასტაბილურობა / ბუნებრივი რესურსების ნაციონალიზაცია	გაციფრულება და ინოვაციები
8	კანონმდებლობისა და მარეგულირებელი ორგანოების მოთხოვნების ცვლილება, ეკოლოგიური, ახალი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები	მსოფლიო ბაზარზე სავაჭრო ომები	კაპიტალზე წვდომა, ლიკვიდურობის ჩათვლით	კადრები
9	ოპერაციული ხარჯების კონტროლი	დასამუშავებელ ან ახალ საბადოებზე ხელმისაწვდომობის შეზღუდვა ან დაკარგვა	დასამუშავებელ ან ახალ საბადოებზე ხელმისაწვდომობის შეზღუდვა ან დაკარგვა	ახალი ბიზნეს-მოდელები
10	გარემოსდაცვითი რისკები ახალი რეგულაციების ჩათვლით, საკვანძო ნიჭზე წვდომა	კულების და ნარჩენების გაუვნებელყოფა და მოცილება	საკანონმდებლო ცვლილებები და მარეგულირებელი მოთხოვნები/ გადაჭარბებული მარეგულირებელი ტვირთი	მწარმოებლურობა და ხარჯების ზრდა



პერსპექტივაში ასევე, მნიშვნელოვანია მზარდი მოთხოვნა ახალი ტექნოლოგიების შემუშავებასა და დანერგვაზე საზოგადოების სასარგებლოდ, შრომის ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების გაუმჯობესების მიზნით, სამთო კომპანიების დღის წესრიგი ნულოვანი ნახშირბადის კვალდაკვალ მიმავალ გზაზე და უფრო ეკოლოგიური პროდუქტების შექმნა, ასევე მზარდი ყურადღება კაპიტალის ბაზრებიდან ESG (Environmental, Social, and Governance/გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობითი)-მაჩვენებლების მიმართულებით.

2022 წელს წარმოების სოციალურ ზემოქმედებასთან, წყლის რაციონალურ გამოყენებასთან და ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციასთან დაკავშირებული საკითხები წინა პლანზე გადმოდის. ისეთი ცნებები, როგორცაა გრძელვადიანი ღირებულება და სოციალური მიზანი, უკვე გახდა საწარმოების ყოველდღიური საქმიანობის განუყოფელი ნაწილი.

სამთო მრეწველობის ნახშირბადის ნეიტრალიტეტისა და ეკოლოგიურობის კეთილგანწყობის ზოგადი ტენდენციის გათვალისწინებით, დახურული შახტები და მადარობები არის ეკოლოგიური რისკის და მასთან დაკავშირებული პასუხისმგებლობის ძირითადი წყარო. აქ გამოსავალი შეიძლება იყოს ექსპლუატაციიდან გამოსული ობიექტების პროგრესული დაგეგმვა.

აღსანიშნავია, რომ ყველა დაინტერესებული მხარისთვის გრძელვადიანი ღირებულების შექმნა ინდუსტრიის მომავალია, სადაც დაინტერესებული მხარეების ნდობის ან საქმიანობის ლიცენზიის შენარჩუნება კვლავ გადაუდებელი და რთული ამოცანაა სამთო-მეტალურგიული ინდუსტრიისათვის.

როგორც კვლევამ აჩვენა, აქციონერთა მოლოდინები სწრაფად იცვლება მრავალი ახალი მოთხოვნის გაჩენის ფონზე, მ. შ. იმ მონაწილეობასთან, რომელიც დაკავშირებულია ინდუსტრიის მოთამაშებთან მათი ყოფნით რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაში, სადაც გაითვალისწინება მკვიდრი მოსახლეობის უფლებები და ინტერესები, ასევე ეთიკური სტანდარტები, კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების, მრავალფეროვნებისა და ინკლუზიურობის პრინციპების დაცვა მიწოდების ჯაჭვის ყველა დონეზე, ანუ დღეს აუცილებელია ყველა დაინტერესებული მხარის ღირებულების პრიორიტეტიზაცია ამ სიტყვის ფართო გაგებით, ე.ი. მნიშვნელოვანია ის ანაზღაურება, რომელსაც არა მხოლოდ თავად კომპანია იღებს თავისი საქმიანობიდან, არამედ მისი თანამშრომლები, მომხმარებლები და მთლიანად საზოგადოება.

2022 წელს ასევე, აქტუალურია მდგრადი განვითარებისა და ბიზნესის სოციალური ორიენტაციის საკითხები. კონკურენტული უპირატესობისა და ინვესტორების ნდობის შესანარჩუნებლად კომპანიებმა განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიაქციონ ეთიკურ სტანდარტებს და მხარი დაუჭირონ ეკონომიკურ ზრდას რეგიონებში, სადაც ოპერირებას ახდენენ [1, 2, 3, 4].

მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, სამთო სექტორის შესახებ საერთაშორისო კომპანიების - Deloitte და EY (Ernst & Young) უახლესი 2022 წლის ანგარიშის თანახმად, ჩვენ ვხედავთ უფრო მეტ შესაძლებლობებს, ვიდრე რისკებს სამთო-მეტალურგიული ინდუსტრიის კომპანიებისათვის, რომლებსაც სურთ განახორციელონ ტრანსფორმაციული ცვლილებები, რამაც შეიძლება

გამოიწვიოს გრძელვადიანი ღირებულება იმ ორგანიზაციებისა და საზოგადოებებისთვის, რომლებსაც ემსახურებიან (იხ. ცხრილი 2).

მნიშვნელოვანია, აღინიშნოს, რომ კომპანიები, რომლებიც ეყრდნობიან უახლოეს ციფრულ ტექნოლოგიების ინსტრუმენტებს (EcoStruxure ციფრული არქიტექტურა, ციფრული ტყუპები, MES სისტემები, ჰკვიანი წისქვილები და სხვა ტექნოლოგიები) ბიზნესის მენეჯმენტის ეფექტურობის გასაზრდელად, აგრეთვე კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის ტექნოლოგიებს, უახლოეს წლებში გახდებიან ეკონომიკის განვითარების მთავარი მამოძრავებელი.

COVID-19 პანდემია, რომელსაც პრეცედენტი არ ჰქონია წარსულში, რამდენადმე ეჭვქვეშ აყენებს სამთო ინდუსტრიის შესახებ ზოგიერთ კარგად დადგენილ ჭეშმარიტებას. სხვა თანაბარ პირობებში, ყველა სხვა დანარჩენთან ერთად COVID-19 გახდა კატალიზატორი ციფრული ზრდისთვის, რომელმაც აამძლავა მდგრადი განვითარების შესაბამისობა, შეიქმნა ახალი ტენდენციები პერსონალის მენეჯმენტის, მიწოდების ორგანიზაციისა და საზოგადოებასთან ურთიერთობის სფეროებში მდგრადი ბიზნესის მართვის მოდელის შექმნის თვალსაზრისით. ამ თვალსაზრისით, ბიზნესის ტრანსფორმაციასა და გამოწვევების დაძლევაში გათვალისწინებულ უნდა იქნას მსოფლიო გამოცდილება სამთო-მეტალურგიული საწარმოების კონკურენტუნარიანობის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორების - ციფრული გარდაქმნის, მდგრადი განვითარების და დიგიტალიზაციის სულ უფრო ფართო მასშტაბით გამოყენების მიმართულებით, სადაც ახალი კვალიფიკაციის საინჟინრო სპეციალისტები მადარობსა და შახტებში დასაქმდებიან ინფორმაციული ტექნოლოგიების და პროგრამული გადაწყვეტილებების მიმართულებებით, რომელთაც ექნებათ ცოდნა ე. წ. „ციფრული ტყუპებისა“ და ბიზნეს-პროექტების ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემების შესახებ. ამასთან, აქ მნიშვნელოვანია ციფრული ტრანსფორმაციის იმ მიდგომის განხორციელება, როდესაც ტექნოლოგიებისა და ინფორმაციის გამოყენებით დაცულ გარემოში ხდება 4 ძირითადი ელემენტის - ბიზნესპროცესების, პროდუქტის, კომპანიის კულტურისა და მომხმარებელთან ურთიერთობის არხების გარდაქმნა ისე, რომ კომპანია თანხვედრაში იყოს თანამედროვე ბაზრის გამოწვევებთან და მოიპოვოს კონკურენტული უპირატესობა ყველაზე სწრაფი გზით [5, 6, 7, 8].

დიგიტალიზაცია/გაციფრულება გავლენას ახდენს ღირებულების ჯაჭვზე, როგორც ჰორიზონტალურად, ასევე ვერტიკალურად. ეს ნიშნავს, რომ, ერთი მხრივ, კომპანიებს სჭირდებათ პროცესების უფრო ღრმა ინტეგრაცია და მონაცემთა ნაკადების დიგიტალიზაცია მთელ ვერტიკალზე: პროდუქტის შემუშავებიდან და შესყიდვებიდან წარმოებამდე და სატრანსპორტო ლოჯისტიკამდე. მეორეს მხრივ, აუცილებელია ურთიერთქმედების დამყარება ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, ანუ ძირითად მომწოდებლებთან, მომხმარებლებთან და სხვა პარტნიორებთან ღირებულების ჯაჭვში, მაგალითად, პროდუქციის წარმოების მარშრუტების თვალთვალისა და კონტროლის ხელსაწყოების გამოყენებით. კომპანიებისთვის ეს ნიშნავს ბოლომდე ციფრული გადაწყვეტილებების შექმნას, სადაც მნიშვნელოვანია

მდგრადი ბიზნესის მართვის მოდელის ფორმირება, რომელიც ითვალისწინებს ტურბულენტურობიდან გამოსვლის სამ ფაზას: რეაგირება, აღდგენა და შემდგომი ზრდა. ბოლო სამი წლის ინიციატივებმა მრავალ სამთო კომპანიას საშუალება მისცა მოეხდინათ აქტივების პორტფელის ოპტიმიზირება, ბალანსის „გამლიერება“ და, შედეგად, ეფექტურად უპასუხეს COVID-19-ის გამოწვეულ გამოწვევებს, რათა გრძელვადიანი ბიზნესის პერსპექტივებში თანდათან აღდგეს გლობალური კაპიტალის ბაზრები და ინვესტორებმა გამოიჩინონ მზარდი დაინტერესება იმ კომპანიების მიმართ, რომლებსაც აქვთ მაღალი მდგრადობის სტანდარტები და მათი ბიზნესის დეკარბონიზაციის გრძელვადიანი გეგმები [9].

მნიშვნელოვანია, აღინიშნოს, რომ კომპანიები, რომლებიც ეყრდნობიან უახლოეს ციფრულ ტექნოლოგიების ინსტრუმენტებს (EcoStruxure ციფრული არქიტექტურა, ციფრული ტყუპები, MES სისტემები, ჰკვიანი წისქვილები და სხვა ტექნოლოგიები) ბიზნესის მენეჯმენტის ეფექტურობის გასაზრდელად, აგრეთვე კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის ტექნოლოგიებს, უახლოეს წლებში გახდებიან ეკონომიკის განვითარების მთავარი მამოძრავებელი. როგორც ცნობილია, COVID-19-ის გავრცელებამ დაარღვია უმეტესი კომპანიების ყველაზე დახვეწილი გეგმები და აიძულა სამთო საწარმოების ხელმძღვანელები შეცვალონ თავიანთი სტრატეგიული მიზნები, მიიღონ ახალი ვალდებულებები დაინტერესებულ მხარეებთან და ხელახლა განსაზღვრონ მათი პრიორიტეტები.

შესწავლილი მასალებიდან გამომდინარე, ინდუსტრიამ მიაღწია განვითარების მნიშვნელოვან ეტაპს. ნახშირბადის დაბალი შემცველობის ეკონომიკის მდგომარეობა გარკვეულწილად დამოკიდებულია სამთო-მეტალურგიული სექტორის მიერ წარმოებულ მინერალებზე, თუმცა თავად ინდუსტრია განიცდის კაპიტალის დეფიციტს. ამასთან, აღნიშნული სექტორის კომპანიებს შეუძლიათ მნიშვნელოვნად გაზარდონ დასაქმება ქალაქსა და სოფლად, მაგრამ ისინი ხშირად ჩამორჩებიან ბევრ პოზიციას პოპულარული დამსაქმებლების სიაში. მიუხედავად იმისა, რომ სამთო კომპანიებმა კარგად უპასუხეს COVID-19-ის პანდემიას თავიანთი თანამშრომლების დაცვით პერსონალური დამცავი აღჭურვილობის (PPE/ Personal Protective Equipment) სწრაფი მიწოდებით და მათი სამედიცინო ინფრასტრუქტურის გამოყენებით, მრავალი ქვეყნისათვის ინდუსტრია წარმოადგენს, როგორც ახალი გადასახადების და როაღტის მიღების წყაროს [10, 11].

ამასთან, ნიშანდობლივია, ის გარემოება, რომ წარსულს ჩაბარდა ის დრო, როცა სამთო მომპოვებელი კომპანიები მხოლოდ მინერალების აღმოჩენით იყვნენ დაკავებული. მომავალში წარმატებული ის სამთო კომპანიები იქნებიან, ვინც ასევე „მოიპოვებს“ ინოვაციებს, რაც გულისხმობს იმას, რომ ორგანიზაციებმა უნდა შეიმუშავონ ახალი პროდუქტები და ამოქმედონ ახალი პროცესები ფინანსური და საკადრო რესურსის მაქსიმიზაციისთვის. მათ, ასევე უნდა განიხილონ საკითხი ახალი რესურსების მოპოვების შესახებ კომპანიის ფარგლებს გარეთ, თუკი ეს მათ უფრო მდგრად განვითარებას მოუტანს. „ინოვაციური სამთო მრეწველობის“ ორივე ტიპი ერთდროულად მოითხოვს

ახალ პროცესებსა და პროტოკოლებს კიბერსაფრთხეების მართვისთვის, რასაც ადგილი აქვს ახალი ციფრული შესაძლებლობების პირობებში, სახელდობრ:

- დაჩქარდება კონკურენცია იშვიათი მიწების მოპოვებაზე, რადგან მზარდი გეოპოლიტიკური დაძაბულობა გავლენას ახდენს გლობალურ ვაჭრობაზე და ქვეყნები იბრძვიან ლიდერობისთვის წარმოებასა და ტექნოლოგიურ ინოვაციებში;
- მეორადი კაპიტალის მოზიდვა წარსულის ცნება გახდება. მნიშვნელოვანია ალტერნატიული ფინანსურ გადაწყვეტილებებზე გადასვლა, რაც შეამსუბუქებს ტვირთს სამთო კომპანიების ბალანსზე და უფრო პოპულარული გახდება, რაც ძლიერად დაარტყამს საფონდო ბირჟებს;
- სამთო კომპანიები ინვესტორების მხრიდან ზეწოლის გამო გადაშლილი წიგნებით იქნებიან, რათა მოახდინონ თავიანთი საქმიანობისთვის სოციალური ლიცენზიის დემონსტრირება. ისინი გამოიყენებენ ბლოკჩეინ ტექნოლოგიას საკუთარი ოპერაციების დადასტურებისათვის;
- სამთო მოპოვებაში ხელოვნური ინტელექტი ჩვეულებრივი მოვლენა გახდება, რადგან მომპოვებლები იყენებენ მას ჰკვიანი სენსორების და მანქანური შემაერთებლების მონაცემების ინტერპრეტირებისთვის, ასევე მუშაობის უსაფრთხოებისა და ეფექტურობის გასაზრდელად უპილოტო ტექნოლოგიის გამოყენებით და ხელოვნური ინტელექტის მხარდაჭერით, რაც სამთო მოპოვებას ერთ-ერთ ყველაზე უსაფრთხო პროცესად აქცევს [12, 13, 14, 15, 16].

აღსანიშნავია, რომ დღესდღეობით და პერსპექტივაში ციფრული გარდაქმნა და მდგრადი განვითარება სამთო და მეტალურგიული საწარმოების კონკურენტუნარიანობის ძირითადი ფაქტორებია. ხოლო, კომპანიები, რომლებიც ეყრდნობიან ციფრულ ინსტრუმენტებს ბიზნესის ეფექტურობის გასაზრდელად, აგრეთვე კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის ტექნოლოგიებს, უახლოეს წლებში გახდებიან ეკონომიკის განვითარების მთავარი მამოძრავებელი.

ასევე, პერსპექტივაში სამთო კომპანიებისთვის მნიშვნელოვანია მოგების ზრდა, გარემოსდაცვითი და სოციალური მდგრადობა, პასუხისმგებლიანი მიდგომა წიაღისეული რესურსების ათვისებაზე მწარმოებლურობის ავტომატიზაციის ამალგების გზით, პროგნოზირებადი, მდგრადი და მოქნილი სამუშაო პროცესების გამოყენება, ასევე მჭიდრო თანამშრომლობა მომხმარებლებთან, მომწოდებლებთან და საზოგადოებასთან.

აღსანიშნავია, რომ მინერალური პროდუქცია მგრძობიარეა ტექნოლოგიური ინოვაციების მიმართ მათი მოპოვების, გადამუშავების და გამოყენების სფეროებში, რაც გავლენას ახდენს მათ მიწოდებასა და მოთხოვნაზე. გადასახადების დაწესებით ან სუბსიდიების გაცემით სახელმწიფოს შეუძლია ფაქტიურად აკონტროლოს მინერალური საქონლის გაყიდვის ფასები და მასზე მოთხოვნა. ზოგიერთ ქვეყანაში ნავთობის წარმოება სუბსიდირებულია, რაც მასზე მოთხოვნას ზრდის. ასევე ზოგიერთი სახელმწიფო კრძალავს მინერალური საქონლით თავისუფალ ვაჭრობას (მაგალითად ნავთობითა და გაზით).

სამთო მრეწველობის 2021 წლის ძირითადი ტენდენციები [5, 6, 7, 8]

№	წლები		
	2019	2020	2021
1	მოპოვების სტრატეგიის გადახედვა - ფინანსური დისკალანა, რათა შეიქმნას ხელშესახები სარგებელი მთლიანი წარმოების ციკლის განმავლობაში	სამთო ინდუსტრია, როგორც სოციალური ინვესტიორი - კორპორატიული დნმ-ში შესახამოსობის მიღმა ღირებულების ჩანერგვა	მდგრადობის ზრდა არასტაბილური ფონზე - სტრატეგიის ლიდერებისთვის რეაგირების სტრატეგია
2	მონაცემთა ანალიტიკის და ხელისუფლებით ინტელექტუალური რესურსები - სისტემების სიმწიფის დონის ამაღლება	პარტნიორობისა და ერთობლივი საქარმოების ეფექტური შექმნა - ბიზნესის კუთხის სტრუქტურა და კორპორატიული მმართველობა	M&A (შერწყმა და შთანთქმა) შეცვლილ საწყაროში - ინვესტირება ნდობის მოპოვება
3	რისკის მართვა ციფრულ ეპოქაში - ახალი მიდგომა კონტროლისა და რისკების მართვისადმი	ახალი შესაძლებლობები გაურკვევლობის პირობებში - რატომ არის მნიშვნელოვანი დღეს მომზადება ეკონომიკური ვარდნის შემდეგი ციკლისთვის?	ESG (ეკოლოგიური, სოციალური და მმართველობა) - დეკარბონიზაციისადმი გონივრული მიდგომა - სტრატეგიიდან აღსრულებამდე
4	მიწოდების ჯაჭვის დიფერენციალი - ინოვაციის მოთხოვნა ინტეგრაციისადმი	რისკების დინამიურად მართვა - რისკის რეესტრებიდან სტრატეგიული რისკის მართვამდე	ESG - სოციალური ნდობის დეფიციტის დაძლევა - სოციალური ინვესტიციების დაკავშირება მდგრად შედეგებთან
5	კომპანიისა და საზოგადოებისთვის მდგრადი სარგებლობის მიმართება - რეგულაციებთან შესაბამისობის მიღმა ღირებულებების უპირატესობების ძიება	დეკარბონიზაციისკენ/დაბალ ნახშირბადის ეკონომიკისკენ გადასვლის გზები - სამთო ინდუსტრიის როლი ემისიების შემცირებაში	ESG - კორპორატიული მმართველობა როგორც კონკურენტული უპირატესობა - ახალი რისკები და მათი გარდაუვალი კონტროლის გაძლიერება
6	წყალისა და ენერჯის მონმარების ურთი-ერთკავშირის ანალიზი - არეზისტენტი სისტემური მიდგომის სასარგებლოდ	ციფრული მართვის მოდელის რეალიზაციის გზაზე - მიღებული გაკვეთილების განხილვა/გავლილის ანალიზი	მკვიდრ მისახლუბასთან ურთიერთობის ახალი მოდელის აგება - განვითარება პარტნიორობის გზით
7	კაპიტალური პროექტების ანალიზი - წარსულში დაშვებული შეცდომების აღრიცხვა	ინფრასტრუქტურული ტექნოლოგიების მოდერნიზაცია - ღრუბლოვანი გარემოს, კიბერ რისკები და ძირითადი სისტემების მოდერნიზაცია	ინოვაციური კულტურის მქონე ორგანი-ზაციის შექმნა - ცვლილებებისადმი ღიაობა, როგორც განვითარების ძრავა
8	შრომით ურთიერთობებზე, პერსონალის მოთხოვნილებებსა და სამუშაო ადგილებზე ახალი შეხედულებები - მომავალი განვითარების სცენარი	HR სტრატეგია და ადგილობრივი მოსახლე-ობის დასაქმება - ციფრული ტექნოლოგიების დანერგვის პროცესში სოციალური ეფექტების წინასწარი/პროაქტიული დაგეგმვა	ინტეგრირებული ოპერაციები - მონაცემთა ანალიტიკა ხსნის ახალ შესაძლებლობებს უკეთესი გადაწყვეტილების მისაღებად
9	სოციალურად მართალი მრავალფეროვანი პროგრამების და თანასწორი შესაძლებლობების განხორციელება - თეორიიდან პრაქტიკამდე	ლიდერობა მეთოხე ინდუსტრიული რეგულაციის პრობლემში - ადამიანური რესურსების პოტენციალის მართვა ახალ რეალობაში	საინფორმაციო და ოპერაციული ტექნოლოგიების (IT-OI) მოწყვლადი გარემოს მართვა - კიბერუსაფრთხოების ახალი ზღვარი
10	პროდუქციის წარმოების შესახებ ინფორმაციის გასაჯაროება - ელექტრო მანქანები და მინერალური ნედლეული ბატარეებისთვის როგორც გამჭვირვალობის ამაღლების სტიმულები	საგადასახადო სირთულეები - სამთო მრეწველობის მუშაოდების ცენტრშია სატრანსპორტო ფასების მანიატორების საკითხთან დაკავშირებული დაპირისპირება	მიწოდების ჯაჭვების მომზადება კლიმატის ცვლილებებისთვის - მონაცემებს საფუძველზე ფიზიკური რისკების მართვა

ნავთობი იმდენად მგრძობიარეა სხვადასხვა ფაქტორების (სახელმწიფო პოლიტიკა, სახელმწიფოთა შორისი ურთიერთობები, ომები, ბუნებრივი კატაკლიზმები და სხვა ფორსმაჟორული სიტუაციები) მიმართ, რომ მასზე ფასები შეიძლება მყისიერად გაიზარდოს, თუმცა ეს არ იწვევს მოთხოვნის ადექვატურ შემცირებას. ზემოთ ჩამოთვლილ ფაქტორებს გარკვეული კორექტივები შეაქვს სამთო მინერალურ პროდუქციაზე მოთხოვნაში, თუმცა მათი დროული და სწორად გაგება მიუხედავად სირთულისა, მაინც უნდა მოხდეს სამთო მინერალური პროდუქციის წარმოების ოპტიმალური დაგეგმვისათვის. სხვა შემთხვევაში, არასწორმა გათვლებმა შეიძლება ზარალი მიაყენოს მწარმოებლებს კონკურენტულ ბაზარზე. მიუხედავად ამისა, ჯერჯერობით ბევრ სამთო მინერალურ პროდუქტზე მოთხოვნასა და მიწოდებას შორის ბალანსი ყოველთვის ირღვევა ზემოთ ნახსენები და სხვა ფაქტორების ზემოქმედებით [17, 18, 19].

აღნიშნულთან დაკავშირებით საინტერესოა ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის ცნობილი ინგლისელი მეცნიერის მილტონ ჰ. სპენსერის დღემდე და მომავალშიც აქტუალური მოსაზრება: „თქვენ შეიძლება განცვიფრდეთ, ბევრ ქვეყანას, და მათ შორის ყველაზე ღარიბსაც, აქვს უზარმაზარი რაოდენობის გამოუყენებელი რესურსები. ეს იმიტომ, რომ მათზე მსოფლიო მოთხოვნა არასაკმარისია, რათა მათი მოპოვება იყოს მომგებიანი არსებული ტექნოლოგიებით. როდესაც ეს პირობები შეიცვლება, ქვეყნის ბუნებრივი რესურსები შეიძენს ახალ ეკონომიკურ მნიშვნელობას. ამიტომ, ქვეყნის ბუნებრივი ნედლეულის მარაგი არ უნდა ჩაითვალოს, როგორც ფიქსირებული ფიზიკური რაოდენობა. იგი განხილული უნდა იქნეს როგორც ცვლადი სიდიდე, რომლის ზომა განისაზღვრება ეკონომიკური და ტექნოლოგიური პირობების ცვლილებით“ [20].

COVID-19-ის ეპიდემიის გავრცელების შემდეგ, ენერგო-რესურსებზე მთლიანი გლობალური მოთხოვნა შემცირდა, სტრუქტურა გაიყო, შემცირდა ენერჯისა და დიდი რაოდენობით მინერალების მოხმარება და ახალი ენერგეტიკული მინერალების მოხმარება სწრაფად გაიზარდა. 2020 წელს ენერჯის მთლიანი გლობალური მოხმარება შემცირდა 4.5%-ით, რაც ყველაზე დიდი კლებაა მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ; ნავთობი, ქვანახშირი და ბუნებრივი აირი შემცირდა შესაბამისად 9.5, 3.9 და 2.1%-ით, ხოლო განახლებადი ენერჯია, როგორცაა ქარი, ჰიდროენერჯია და მზის ენერჯია, გაიზარდა 9.7%-ით. რკინა და ალუმინი შემცირდა შესაბამისად 0.2 და 0.7%-ით, ხოლო სპილენძი, ლითიუმი და კობალტი 6.2, 15.3 და 7.3%-ით გაიზარდა.

ცხადია, ასეთ პირობებში გლობალური მინერალური რესურსების მიწოდების შესაძლებლობები დარესურსების მიწოდების ჯაჭვი შესუსტდა. ეპიდემია დიდ გავლენას ახდენს მადაროების გლობალურ წარმოებაზე. არასრული სტატისტიკის მიხედვით, 36 ქვეყანამ ან რეგიონმა ერთხელ დახურა 276 მადარო და 1600-ზე მეტი სამთო პროექტი დაზარალდა ეპიდემიის გამო. 2020 წელს ძირითადი მინერალური პროდუქტების მთლიანი გლობალური წარმოება 3.7%-ით ნაკლები იყო 2019 წელთან შედარებით. მათ შორის, ენერგეტიკული, ლითონის და არალითონური მინერალური პროდუქციის გამოშვება წინა ანალოგიურ პერიოდთან შედარებით შემცირდა შესაბამისად 5.1, 1.4 და 0.5%-ით. აღსანიშნავია, რომ წელიწადში, ენერგეტიკისა

და მინერალური პროდუქტების წარმოების კლება უფრო მაღალი იყო, ვიდრე მოხმარებაზე. ამავდროულად, გლობალური პანდემია გავლენას ახდენს მინერალური პროდუქტებით ნორმალურ საერთაშორისო ვაჭრობაზე, რაც სერიოზულად აისახება გლობალური მინერალური რესურსების მიწოდების ჯაჭვის უსაფრთხოებასა და სტაბილურობაზე.

მსხვილი მინერალური პროდუქტების ფასებმა მთელს მსოფლიოში მნიშვნელოვნად მოიმატა და ოქროს, სპილენძის, რკინის მადნისა და სხვა მინერალების ფასებმა რეკორდულ მაჩვენებლებს მიაღწია. 2020 წელს, გლობალური ინვესტიცია მინერალების მოპოვებასა და სამთო მრეწველობაში იქნება დაახლოებით 8.3 მლრდ აშშ \$ და 290 მლრდ აშშ \$, 2019 წელთან შედარებით კლება 11 და 13 % იქნება და 2019 წლის დონესთან დაბრუნდა 2021 წელს. გლობალური პანდემიის პერიოდში სამთო კაპიტალის გლობალური ბაზარი ჯერ შესუსტდა, შემდეგ კი გაიზარდა, შესაბამისად სამთო სექტორის კაპიტალის მოცულობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ასე მაგალითად, 2020 წელს მაინინგის გლობალური პროექტების დაფინანსების რაოდენობა და მოცულობა გასული წლის ანალოგიურ პერიოდთან შედარებით, შესაბამისად, 17 და 25 %-ით გაიზარდა. „მოცულობისა და ფასის ერთდროული ზრდის“ ტენდენცია გაგრძელდა 2021 წლის პირველ ნახევარში, წლიური მატებით, შესაბამისად, 12 და 261 %.

აღსანიშნავია, რომ ძირითადი ქვეყნებისა და რეგიონების სამთო პოლიტიკა ინტენსიურად იქნა მორგებული და გამოწვევები და შესაძლებლობები თანაარსებობს. მთლიანობაში, გლობალური სამთო ინვესტიციების წინაშე დგას სამი ძირითადი რისკი, კერძოდ, პოლიტიკური და უსაფრთხოების რისკების ზრდა, რომელიც ხასიათდება რეჟიმის ცვლილებით და სოციალური პრობლემით, და პროტექციონიზმის ზრდა, რომელსაც ახასიათებს გადასახადების ზრდა და ნაციონალიზაცია. სამთო ინვესტიციების ბარიერები, რომლებიც ხასიათდება უსაფრთხოების მომატებული მიმოხილვით, იზრდება. ამავდროულად, ზოგიერთი სამთო ქვეყანა იძლევა შესაძლებლობებსა და ხელსაყრელ პირობებს სამთო მოპოვების საერთაშორისო ინვესტიციებისთვის სამთო კონტროლის შემსუბუქებით და შეღავათიანი პოლიტიკის დანერგვით. საშუალო და გრძელვადიან პერსპექტივაში, მინერალური რესურსების გლობალური მოთხოვნა დიფერენცირებული იქნება, დაჩქარდება სტრატეგიული განვითარებადი წიაღისეულის მოთხოვნა და სხვადასხვა განვითარებად ეკონომიკაში მინერალურ რესურსებზე მოთხოვნა დარჩება მაღალ დონეზე, რაც, რა თქმა უნდა, ხელს შეუწყობს გლობალური სამთო ინდუსტრიის განვითარებას და მდგრადობას [21].

როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, მინერალურ-სანედლეულო ბაზა, მომპოვებელი და გადამამუშავებელი მრეწველობა, მათთან ტექნოლოგიურად დაკავშირებული დარგები ქმნიან ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების რეალურ საფუძველს. თანამედროვე პირობებში, სამთო-მეტალურგოული ინდუსტრიის სამომავლო განვითარება ორიენტირებულია ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებაზე, მწარმოებლობის ამაღლებასა და პორტფელის ოპტიმიზაციაზე, სადაც მოთამაშეებს მოუწევთ ადაპტირება ახალ კონკურენტულ გარემოსთან და დინამიურ პირობებთან. აქციონერების მომგებიანობის

ზრდის აუცილებლობა კომპანიებს მოუწოდებს თამამი სტრატეგიების განსაზღვრასა და განხორციელებაში გრძელვადიანი მწარმოებლობის ზრდის უზრუნველსაყოფად, აგრეთვე კაპიტალის ოპტიმალურ განაწილებაზე. ციფრული ინოვაცია მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ამ პროცესში, ინდუსტრიული კომპანიების გადარჩენა და კეთილდღეობა ახალ პერიოდში დამოკიდებულია იმაზე, შეძლებენ თუ არა მათ ისარგებლონ ციფრული ტექნოლოგიებით და გაზარდონ ეფექტურობა ღირებულების ქსელის მასშტაბით.

შესაძლებლობების ღია ფანჯრის წყალობით, სამთო კომპანიებმა უნდა აჩვენონ, თუ რამდენად საჭიროა ისინი მომავლის რესურსების უზრუნველსაყოფად და როგორ შეუძლიათ სწრაფად ირეაგირონ ახალ გამოწვევებზე სწრაფად ცვალებად სამყაროში. მათ უნდა გამოიყენონ თავიანთი მყარი ფინანსური მდგომარეობა და შექმნან ფულადი სახსრების გენერირების უნარი რთული, მაგრამ მნიშვნელოვანი გარდაქმნების მიზნით, დარგის დაბალი ნახშირბადის, მაღალტექნოლოგიური და მომხმარებელზე ორიენტირებული მომავლის ინდუსტრიაზე ფოკუსირებით. ამიტომ მნიშვნელოვანია მინერალური რესურსების

### დასკვნა

სამთო მრეწველობა დღესდღეობით ახალი გამოწვევების წინაშე დგას, თუ წარსულში, სამთო კომპანიები თავიანთ წარმოებას გეგმავდნენ „უმაღლესი მოცულობის წარმოების ყველაზე დაბალი ღირებულების“ საფუძველზე, დღესდღეობით, მათ მოეთხოვება გაითვალისწინონ დაინტერესებული მხარეების – აქციონერების, პერსონალის, ადგილობრივი თემების, მომხმარებლების, მთავრობების და რეგულატორების მოთხოვნები და იყვნენ არა მხოლოდ როგორც მომგებიანი და პროდუქტიული, არამედ პასუხისმგებელიანი, უსაფრთხო, მდგრადი, გარემოსდაცვითი, სოციალური და

### ლიტერატურა

1. Risks and opportunities for mining. KPMG International, Outlook, 2019. 12 p.
2. <https://universalfieldrobots.com.au/mining-risks-and-challenges-2020-onwards/>
3. Риски и возможности для горнодобывающей отрасли. Глобальное исследование КПМГ 2021. 17 с.
4. [https://www.ey.com/ru\\_ru/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2021](https://www.ey.com/ru_ru/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2021)
5. [https://www.ey.com/ru\\_ru/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022-rus](https://www.ey.com/ru_ru/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022-rus)
6. <https://www.mdpi.com/2079-9276/10/5/39/htm>
7. [https://www.ey.com/en\\_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022](https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022)
8. Тенденции развития – 2019. 10 ключевых факторов, оказывающих влияние на будущее горнодобывающего сектора. Deloitte. 72 с.
9. <https://www2.deloitte.com/ge/en/pages/energy-and-resources/articles/tracking-the-trends2.html>
10. <https://www2.deloitte.com/ru/en/pages/energy-and-resources/articles/2021/tracking-the-trends-2021.html>
11. Tracking the trends 2021. Closing the trust deficit.

მომპოვებელმა სამთო კომპანიებმა იმოქმედონ ინვესტორის განწყობის და დამოკიდებულების ცვლილებების გათვალისწინებით, სადაც ყველაზე მნიშვნელოვანია უფრო მაღალი ეკოლოგიური სტანდარტი და სოციალური პასუხისმგებლობა.

ცხადია, ზემოაღნიშნული ტენდენციების გათვალისწინება საქართველოსთვის მნიშვნელოვანია, რადგან ქვეყანაში არსებული მინერალური რესურსების გარკვეული რაოდენობა კონკურენტუნარიანია მსოფლიო ბაზარზე, რომელთა ეფექტიანი და რაციონალური ათვისება სახელმწიფოს სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს, რადგან ინდუსტრიულ სექტორს გააჩნია რეალურად ხელსაყრელი შესაძლებლობები და პოტენციალი სამთო-სამრეწველო პროდუქციის შიგა და საერთაშორისო ბაზარებზე მოწინავე პოზიციების დასაკავებლად, სადაც გაითვალისწინება დამატებითი ღირებულების ჯაჭვის შექმნა, გაზრდილი ეკონომიკური მაჩვენებლები, საკმაოდ მომზადებული, განვითარებული სანედლეულო და ეკონომიკურად მომგებიანი საინვესტიციო ბაზა.

ეფექტიანად მმართველობითი.

ამასთან, სამთო კომპანიები უნდა ადაპტირდნენ მუდმივი სწრაფი ტექნოლოგიური ცვლილების, ინოვაციების და ციფრული ტრანსფორმაციის ახალ ნორმებთან. ამ წინსვლის მაგალითებია ანალიტიკა, ავტომატიზაცია, ბლოკჩეინი, ხელოვნური ინტელექტი, 3D დათვალიერება, ჰკვიანი სენსორები და ციფრული ტრანსფორმაციის ის ელემენტები, რომელთა ეფექტიანი განხორციელებით შესაძლებელია სამთო წარმოება თანხვედრაში იყოს თანამედროვე ბაზრის გამოწვევებთან, მოაპოვოს კონკურენტული უპირატესობა და გახდეს უფრო უსაფრთხო და ეფექტური.

Deloitte. Insights. 2021. 94 p.

12. <https://www2.deloitte.com/global/en/insights/industry/mining-and-metals/tracking-the-trends.html>
13. Anne J. B. Thompson, P. Innovation in mineral exploration. Geo. PetraScience Consultants Inc. 2020. 36 p.
14. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. Москва, «Высшая школа экономики», 2021. 239 с.
15. <https://www.consultdss.ru/digitalization-in-mining/>
16. <https://blogs.lse.ac.uk/cff/2021/03/24/rare-earth-the-climate-crisis-and-tech-imperium/>
17. Цифровизация в горнодобывающей промышленности. Немецкое общество по международному сотрудничеству (ГИЦ) ГмбХ, Москва, 2019. 20 с.
18. <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/energy-and-resources/articles/tracking-the-trends-mining-industry.html>
19. <https://www2.deloitte.com/global/en/insights/industry/mining-and-metals/future-of-mining-industry.html>
20. Milton H Spencer. Contemporary economics, 7th Edition. Worth Publishers, 1990. 823 p.
21. <https://news.metal.com/newscontent/101631033/Global-Mining-Development-report-2020-2021-released/>

LOBJANIDZE G., NANITASHVILI G.,  
KAKHADZE B., BUTULASHVILI T., MACHAIDZE G.,  
NANITASHVILI G., KHETSURIANI G.

**GLOBAL CHALLENGES AND PROSPECTS FOR  
EFFICIENT ASSIMILATE OF MINERAL RE-  
SOURCES**

**ANNOTATION.** The paper analyzes the global challenges, trends and prospects for the efficient use of mineral resources in the period and conditions of the COVID-19 pandemic, which has affected the mineral-commodity markets and the mining industry around the world in different ways. Due to the spread of the coronavirus and restrictions imposed by the government, the mining operations of the companies were somewhat affected and the demand for some goods decreased. The article discusses the potential long-term impact of the COVID-19 pandemic, global risks and trends on future demand for mineral products, tactical, strategic steps and prospects for mining companies to quickly and effectively rationalize the current crisis in the mining industry. Suggestions and practical recommendations on the theoretical-methodological basis of the stages of policy formation and implementation mechanism in the research sector have been developed.

**KEY WORDS:** COVID-19 pandemic; mineral resources; mining industry; global risks; global trends; development perspectives; economic analysis.

ЛОБДЖАНИДЗЕ Г.З., КАХАДЗЕ Б.Г., БУТУЛАШВИЛИ  
Т.Л., МАЧАИДЗЕ Г.Л., НАНИТАШВИЛИ Г.Ж.,  
ХЕЦУРИАНИ Г.

**ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ  
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье проанализированы глобальные вызовы, тенденции и перспективы эффективного использования минерально-сырьевых ресурсов в период и условиях пандемии COVID-19, поразившей минерально-сырьевые рынки и горнодобывающую промышленность мира. Из-за распространения коронавируса и ограничений, введенных правительством, несколько пострадала деятельность компаний по добыче полезных ископаемых и снизился спрос на некоторые товары. В статье рассмотрены потенциальное долгосрочное влияние пандемии COVID-19, глобальные риски и тенденции на будущий спрос на минеральные продукты, тактические, стратегические шаги и перспективы горнодобывающих компаний для быстрой и эффективной рационализации текущего кризиса в горнодобывающей отрасли. Разработаны предложения и практические рекомендации по теоретико-методологической основе этапов формирования политики и механизма реализации в исследовательской секторе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пандемия COVID-19; минеральные ресурсы; горнодобывающая индустрия; глобальные риски; глобальные тренды; перспективы развития; экономический анализ.

უკ 338.012-1(4) : 553.04

აკად. დოქტორი გ. ლობჯანიძე,  
ბიზნესის ადმინისტრირების დოქტორი გ. ნანიტაშვილი,  
აკად. დოქტორი გ. მაჩაიძე, აკად. დოქტორი ზ. გუდავაძე

იმერეთის რეგიონში სამთო-სამრეწველო კლასტერების ფორმირების პერსპექტივები

ანოტაცია. ნაშრომში გაანალიზებულია რეგიონული ინოვაციური სისტემისა და კლასტერების განვითარების პოლიტიკის და პოტენციალის კვლევის ძირითადი მიმართულებები და პერსპექტიული შესაძლებლობები, როგორც საშუალება ეკონომიკური ზრდისა და განვითარებისთვის. შემოთავაზებულია და განზოგადოებულია კლასტერული შესაძლებლობების ანალიზის მეთოდოლოგია იმერეთის რეგიონული ეკონომიკის სამთო-სამრეწველო დარგებში. მეთოდოლოგია იყენებს ექსპერტულ შეფასებებს კლასტერის ფორმირებისთვის საჭირო ფაქტორების სიახლოვის შესახებ მათ რეალურ მნიშვნელობებთან. კლასტერის სტრუქტურის საფუძველზე, პროფილური პოტენციური მონაწილეებისა და რეგიონის თავისებურებების გათვალისწინებით შემუშავებულია რეგიონული და სამრეწველო კლასტერის მოდელის ფორმირების შესაძლებლობა იმერეთის რეგიონში, ასევე შემოთავაზებულია წინადადებები და პრაქტიკული რეკომენდაციები კლასტერული პოლიტიკის ფორმირებისა და

მექანიზმის რეალიზაციის თეორიულ-მეთოდოლოგიური საფუძვლების შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: კონკურენტუნარიანობა; ეკონომიკური კლასტერი, მინერალური რესურსები; სამთო მრეწველობა; რეგიონული ეკონომიკა; ბიზნეს სექტორი; კლასტერული შესაძლებლობების კოეფიციენტი; საექსპერტო შეფასება; სპირმენის რანგის კორელაციის მეთოდი; ეკონომიკური ანალიზი.

20-ე საუკუნის მეორე ნახევარსა და განსაკუთრებით, 21-ე საუკუნის დასაწყისში განვითარებული ეკონომიკის მქონე სახელმწიფოთა უმრავლესობა ხელს უწყობს ეროვნული კონკურენტუნარიანობის ზრდაზე ორიენტირებული რეგიონული ინოვაციური სისტემისა და კლასტერების განვითარების პოლიტიკას, როგორც საშუალებას ეკონომიკური ზრდისა და განვითარებისთვის.

ეკონომიკური კლასტერები რეგიონული ეკონომიკისა და ქვეყნის ეკონომიკის კონკურენტუნარიანობის ზრდის

ეფექტური საშუალებაა. ეკონომიკის ცალკეულ სექტორებსა და დარგებში კლასტერული შესაძლებლობების იდენტიფიცირებისთვის შემოთავაზებულია ამგვარი შესაძლებლობების ანალიზის მეთოდოლოგია ექსპერტთა შეფასებებზე დაყრდნობით, კორელაციური ანალიზის ელემენტების გამოყენებით.

კლასტერის კონკურენტუნარიანობის დიაგნოსტიკა, ე.წ. „პორტერის ბრილიანტი“, წარმოდგენილი იქნა მ. პორტერის წიგნში „ერების კონკურენტული უპირატესობა“. რეგიონის კონკურენტუნარიანობის შესწავლისა და რეგიონული ეკონომიკური კლასტერების იდენტიფიცირების ეფექტური მეთოდი, ეკონომიკური რეგიონალური კლასტერების ფორმირების სტრატეგიები და მათი ეფექტურობის ანალიზი ასევე განხილულია მრავალი ქართველი და უცხოელი მეცნიერის ნაშრომში.

რეგიონების და მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკის კონკურენტუნარიანობის ზრდის თემის აქტუალობა ეკონომიკური კლასტერების შექმნის გზით დასტურდება კლასტერის ეკონომიკური ხასიათისა და რეგიონების კლასტერული უპირატესობების განსაზღვრის მეთოდების დიდი რაოდენობით კვლევებით. მაგრამ ეს მეთოდები ძირითადად ხარისხობრივი (შეფასებითი) ხასიათისაა ან სწავლობენ რეგიონების კონკურენტულ უპირატესობას ინდუსტრიების კონტექსტში და ზუსტად არ ავლენენ ინდუსტრიის კლასტერულ შესაძლებლობებს. საჭიროა შეიქმნას რაოდენობრივი, გამოთვლითი მეთოდოლოგია, რათა განისაზღვროს ეკონომიკის სექტორების კლასტერული შესაძლებლობები, ისევე როგორც მათი ცალკეული სექტორები.

ამ თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია რეგიონებისა და ინდუსტრიების კლასტერული შესაძლებლობების განსაზღვრის არსებული მეთოდების გაანალიზება და წარმოდგენილი მიდგომის დასაბუთება ასეთი შესაძლებლობების შესაფასებლად, ისევე როგორც იმერეთის რეგიონში მიწერალური რესურსების მოპოვების და სამთო-სამრეწველო კლასტერული შესაძლებლობების განსაზღვრა.

შესწავლილი მასალების ანალიზიდან გამომდინარე, საწარმოების, მრეწველობისა და ქვეყნის რეგიონების ეფექტურობის ამაღლებაში წამყვანი როლი კლასტერებს ეკუთვნის, სადაც გაერთიანებულია დაკავშირებული ბიზნესების გეოგრაფიულად კონცენტრირებული ჯგუფები, სპეციალიზებული სერვისის კომპანიები, დაკავშირებული არაკომერციული ორგანიზაციები და ინსტიტუტები

კონკრეტულ სფეროებში, რომლებიც კონკურენციას უწევენ, თუმცა ავსებენ ერთმანეთს [1, 2, 3, 4, 5].

აქ აუცილებელია ფოკუსირება არა მთლიანად ეკონომიკაზე, არამედ მრეწველობის გარკვეულ დარგებსა და სეგმენტებზე. აუცილებელია იმის გაგება, თუ როგორ და რატომ წარმოიქმნება კომერციულად სიცოცხლისუნარიანი უნარები და ტექნოლოგიები, რომლის სრულად გაგება შესაძლებელია მხოლოდ კონკრეტული ინდუსტრიების განხილვის დონეზე [2].

აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია რეგიონული ეკონომიკის სექტორებსა და დარგებში კლასტერების შექმნის პირობებისა და შესაძლებლობების კვლევა-ანალიზი.

ამჟამად ეკონომიკის დარგების კონკურენტუნარიანობის დასადგენად შემუშავებულია რამდენიმე მეთოდი. საყოველთაოდ ცნობილია ქვეყნის, რეგიონისა და საწარმოს კონკურენტუნარიანობის შეფასების მეთოდოლოგია „პორტერის ალმასი“ (ანუ „პორტერის რომბი“), რომელიც ეფუძნება ფაქტების ოთხი ჯგუფის შესწავლას:

1. ფაქტორების პირობები, ანუ ქვეყნის პოზიცია წარმოების ფაქტორებთან დაკავშირებით, როგორცაა გამოცდილი ადამიანური რესურსის არსებობა ან ინფრასტრუქტურა, რომელიც საჭიროა მოცემულ ინდუსტრიაში კონკურენციისთვის;

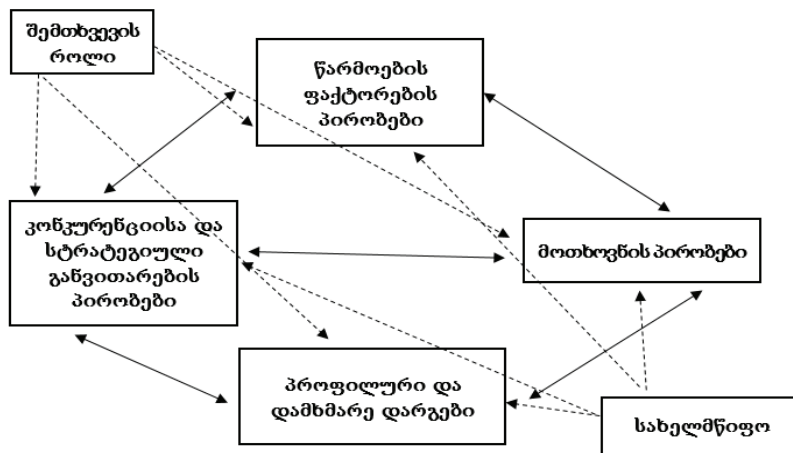
2. მოთხოვნის მდგომარეობა, ანუ შიგა მოთხოვნის ბუნება ინდუსტრიულ პროდუქტზე ან მომსახურებაზე;

3. დაკავშირებული და დამხმარე ინდუსტრიები, ანუ მიმწოდებელი ინდუსტრიების ან სხვა დაკავშირებული ინდუსტრიების არსებობა ან არარსებობა მოცემულ ქვეყანაში, რომლებიც კონკურენტუნარიანია საერთაშორისო ასპარეზზე;

4. მდგრადი სტრატეგია, სტრუქტურა და მეტოქეობა, ანუ ქვეყანაში არსებული კომპანიების შექმნის, ორგანიზებისა და მართვის პირობები, ასევე შიგა კონკურენციის ხასიათი [1, 2, 3, 4, 5].

„პორტერის ალმასის“ გრაფიკული გამოსახულება მოცემულია ნახაზზე 1.

რეგიონის ან ინდუსტრიის კონკურენტუნარიანობისთვის აუცილებელი ფაქტორების რეალურად არსებულ ფაქტორებთან შესადარებლად გამოიყენება ხუთპუნქტიანი შეფასება და რადიალური გრაფიკი, რომელიც ნათლად აჩვენებს შესასწავლი ობიექტის (რეგიონი ან ინდუსტრია) შესაძლებლობებს, რაც შეიძლება ჩანს ნახაზზე 2.



ნახ. 1. „პორტერის ალმასის“ გრაფიკული გამოსახულება [6]

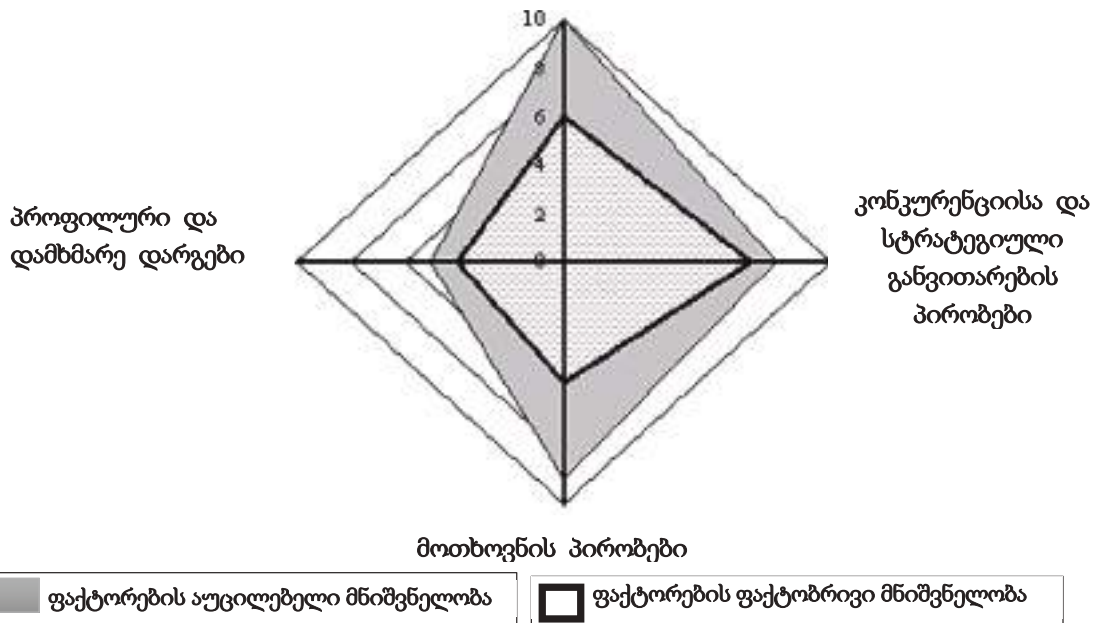
საქართველოში კლასტერული პოლიტიკის და პოტენციალის კვლევისათვის, რეგიონების, დარგების და ფორმების მიხედვით, ამოსავალ პრინციპს წარმოადგენს კლასტერის კონკურენტუნარიანობის ზრდა და საექსპორტო ბაზრებზე ორიენტირება, რისთვისაც საჭიროა სწორად გათვლილი მარკეტინგული სტრატეგიის შემუშავება, სადაც გაითვალისწინება რესურსების (როგორც შიგა, ასევე გარე) მობილიზება, ინვესტიციების ზრდა, საერთაშორისო გამოცდილების გაზიარება და სხვა, რომელთა სწორი ფორმირება ხელს შეუწყობს ქვეყანაში ეკონომიკურ ზრდას.

ჩატარებული კვლევის შედეგების თანახმად, როგორც მთლიანობაში საქართველოს, ასევე მის ცალკეულ რეგიონს და კონკრეტულად იმერეთს აქვს საკვლევი

სექტორის განვითარების საკმაოდ კარგი პოტენციალი, რითაც შესაძლებელია უფრო მაღალი დამატებითი ღირებულების საწარმოების შექმნა სხვადასხვა მიმართულებით, რათა მათ აამაღლონ წარმოების ეფექტურობა, შემოიტანონ ახალი ტექნოლოგიები, მოიძიონ და აითვისონ ადგილობრივი და უცხოური ბაზარი [7].

რეგიონული განვითარების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია რაციონალურად განისაზღვროს გამოუყენებელი მინერალურ-რესურსული პოტენციალის ეფექტიანი ათვისების შესაძლებლობები, რაც უზრუნველყოფს დამატებითი ღირებულების და მთლიანი რეგიონული პროდუქტის ზრდას.

### წარმოების ფაქტორების პრობები



ნახ. 2. მ. პორტერის „ალმასის“ ეკონომიკური ობიექტის კონკურენტუნარიანობის შეფასების გრაფიკული ინტერპეტაცია [6]

ეკონომიკური კლასტერები წარმოადგენს რეგიონული ეკონომიკის კონკურენტუნარიანობის ამაღლების ეფექტურ საშუალებას. ეკონომიკის დარგებსა და ცალკეულ სექტორებში კლასტერული შესაძლებლობების გამოვლენისათვის დასაშვებია ისეთი მეთოდის გამოყენება, რომელიც დაფუძნებულია საექსპორტო შეფასებაზე კორელაციური ანალიზის ელემენტების ჩართულობით.

ტერიტორიის მაჩვენებლის მაგალითია ლოკალიზაციის კოეფიციენტი, ერთ სულ მოსახლეზე წარმოების კოეფიციენტი და რეგიონის სპეციალიზაციის კოეფიციენტი.

ლოკალიზაციის კოეფიციენტი გამოითვლება რეგიონის წარმოების სტრუქტურაში მოცემული დარგის კუთრი წონის თანაფარდობით ქვეყნის იგივე დარგის კუთრი წონასთან. გამოთვლები შეიძლება გაკეთდეს პროდუქციის წარმოების მოცულობის, ძირითადი საწარმოო ფონდების (კაპიტალის), ძირითადი პერსონალის რაოდენობის, შრომის მწარმოებლურობის,

კაპიტალის უკუგების, ძირითად კაპიტალში ინვესტიციების, უცხოური ინვესტიციების, ექსპორტის და იმპორტის მიხედვით.

ერთ სულ მოსახლეზე წარმოების კოეფიციენტი გამოითვლება, როგორც ქვეყნის დარგობრივ სტრუქტურაში რეგიონის დარგის კუთრი წონის თანაფარდობა ქვეყნის მოსახლეობაში რეგიონის მოსახლეობის კუთრი წონასთან.

რეგიონის სპეციალიზაციის კოეფიციენტი მოცემულ დარგზე განისაზღვრება, როგორც ქვეყნის მოცემულ დარგში რეგიონის კუთრი წონის თანაფარდობით რეგიონის კუთრი წონასთან ქვეყნის მშპ-ში. თუ გამოთვლილი მაჩვენებლები ერთის ტოლი ან მასზე მეტია, შესაბამისად მოცემული დარგი გამოდის როგორც საბაზრო სპეციალიზაციის დარგი და მათში უკვე ან არსებობს კლასტერები, ან მათი შექმნა შესაძლებელია. კლასტერების ფორმირებისას და მათ შორის ყველაზე პრიორიტეტულის არჩევისას აუცილებელია ლოკალიზაციის კოეფიციენტების დინამიკის შეფასება, რადგან მაჩვენებლების მნიშვნელობის მატება დინამიკაში



მიუთითებს კლასტერების ზრდის შესაძლო შემდგომ პერსპექტივებზე, ხოლო შემცირება მიუთითებს გამოსაშვები პროდუქციის ასორტიმენტის გაფართოების შესაძლო საჭიროებაზე, წარმოების მოდერნიზაციის აუცილებლობას ან მომავალში კლასტერის არაპერსპექტიულობაზე.

თუმცა, ამასთან აღსანიშნავია, რომ ტერიტორიის მაჩვენებლების მეთოდები \_ ესაა ანალიზის დარგობრივი მეთოდები და, შესაბამისად, მცირე ინფორმაციას გვაწვდიან ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორის ურთიერთ-დამოკიდებულების შესახებ. ამიტომ, მიზანშეწონილია ამ მეთოდების გამოყენება კლასტერული ანალიზის სხვა მეთოდებთან ერთად.

რეგიონული და დარგობრივი კლასტერების განსაზღვრის გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს ექსპერტული შეფასების და სხვა მექანიზმების გამოყენება აუცილებელი ეკონომიკური ინფორმაციის შეგროვების თვალსაზრისით. როგორც ცნობილია, რეგიონული და დარგობრივი მიმართულების ექსპერტები, ბიზნესის

ხელმძღვანელები, ხელისუფლების წარმომადგენლები და სხვა გადაწყვეტილების მიმღები პირები ინფორმაციის მნიშვნელოვანი წყაროა რეგიონული სამრეწველო განვითარების ტენდენციების, მისი ძირითადი მახასიათებლების, ძლიერი და სუსტი მხარეების კვლევა-ანალიზის შესახებ. მართალია, რეგიონული ეკონომიკის შესახებ საექსპერტო ინფორმაციის შეგროვება შეიძლება იყოს ეფექტური როგორც ხარჯების, ისე ასეთი ინფორმაციის მოცულობის თვალსაზრისით, თუმცა ამასთან, საკმარისი სისტემატიურობის არარსებობა არ იძლევა ღრმა განზოგადებების საშუალებას [8, 9].

შემოთავაზებული მეთოდი მოცემულ რეგიონში შესწავლილი ობიექტის კლასტერული შესაძლებლობების ხარისხობრივი, თვისობრივი შეფასებიდან საბაზისო მდგომარეობის რაოდენობრივი შედარების მდგომარეობაზე გადასვლის საშუალებას იძლევა, რათა განისაზღვროს მოცემული ობიექტის საფუძველზე კლასტერის ფორმირების შესაძლებლობა.

**ცხრილი 1**

**წყვილის „კვლევის ობიექტი – ბაზა შედარებისათვის“ მაგალითი, რომელზეც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მოცემული მეთოდიკა**

კვლევის ობიექტი	საბაზისო შედარებისათვის
ეროვნული ეკონომიკის დარგი	მსოფლიო ეკონომიკის დარგი
ეროვნული ეკონომიკის დარგი	მთლიანი ქვეყნის ეკონომიკა
რეგიონული ეკონომიკა	მთლიანი ქვეყნის ეკონომიკა
ქვეყნის ეკონომიკის დარგის ცალკეული სექტორი	ქვეყნის ეკონომიკის დარგი მთლიანობაში
რეგიონული ეკონომიკის ცალკეული სექტორი	რეგიონული ეკონომიკის ეკონომიკური დარგი

ჩვენს შემთხვევაში ობიექტის ქვეშ მოიაზრება ეკონომიკის სექტორი ან დარგი, რომლის კლასტერული შესაძლებლობებიც უნდა შეფასდეს, ხოლო შედარებისათვის საბაზისოს ქვეშ – ან დარგი ან ქვეყნის ეკონომიკა. „ობიექტი-ბაზის შედარების“ წყვილის მაგალითები მოცემულია ცხრილში 1.

„ობიექტი – ბაზის“ წყვილის შესაძლო ვარიანტები არ შემოიფარგლება მხოლოდ ზემოაღნიშნული ჩამონათვალით. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში შესაძარებელი ბაზა მიზანშეწონილია შეირჩეს კვლევის მიზნებიდან დამოკიდებულების, ობიექტის და შემოთავაზებული კლასტერის მასშტაბის მიხედვით.

წარმოდგენილი მეთოდიკა დაფუძნებულია ფაქტორების ექსპერტული შეფასების დამუშავებაზე და, რომელიც მ.პორტერის კონკურენტუნარიანობის ოთხ მაჩვენებელზეა ფორმულირებული. წარმოდგენილ მეთოდიკაში შეისწავლება კონკურენტუნარიანობა როგორც ობიექტის კლასტერული შესაძლებლობების მაჩვენებელი. ყოველი მაჩვენებელი იყოფა რამდენიმე დაზუსტებული ქვეპუნქტად უფრო ზუსტი შეფასებისათვის, სახელდობრ:

**წარმოების ფაქტორების პირობები, მათი ხარისხი და სპეციალიზაციის ხარისხი:**

1. მინერალური რესურსები;
2. ადამიანური რესურსები;
3. ფინანსური რესურსები;

4. ფიზიკური ინფრასტრუქტურა;
5. ადმინისტრაციული ინფრასტრუქტურა;
6. ინფორმაციული ინფრასტრუქტურა;
7. სამეცნიერო-კვლევითი პოტენციალი;
8. ინოვაციური ტექნოლოგიებზე ხელმისაწვდომობა.

**კონკურენციის პირობები:**

9. საინვესტიციო გარემო და რეგიონული ხელისუფლების პოლიტიკა;
10. კონკურენციის თავისუფლება.

**მოთხოვნის პირობები:**

11. ადგილობრივი შეკვეთების არსებობა;
12. მომხმარებელთა მოთხოვნილების არსებობა;
13. გლობალურ (საერთაშორისო) ბაზარზე მიმართულ პროდუქციაზე სპეციალიზებული მოთხოვნა.

**დაკავშირებული (პროფილური) და მომსახურე (დამხმარე) საწარმოები:**

14. კვალიფიციური მომწოდებლების არსებობა;
15. ეფექტური მომსახურე (დამხმარე) დარგების არსებობა.

**მეთოდიკა მოიცავს ხუთ ქვემოთ მოცემულ თანმიმდევრულ ეტაპს:**

1. ზემოჩამოთვლილი ფაქტორების საექსპერტო შეფასებები მიღებულია ექსპერტების ანკეტირების გზით. ფასდება შესასწავლილი ობიექტის მაჩვენებელი (მაგალითად, კონკრეტულ რეგიონში სექტორის დარგების აუცილებელი ფაქტორები) და ბაზისური მაჩვენებელი შედარებისათვის (რეგიონში დარგის მდგომარეობა,

ან სხვა წყვილი „ობიექტ-ბაზა“ მე-2 ცხრილიდან) 12 ბალიანი სკალით.

2. შედეგები ნაჩვენებია გრაფიკულად, მიღებული შედეგების სიციხადისთვის.

3. გაიანგარიშება სპირმენის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტი საკვლევი ობიექტისა და შესადარებელი ბაზისათვის. ეს კოეფიციენტი, რომელიც მერყეობს -1-დან +1-მდე და აჩვენებს, თუ რამდენად ახლოსაა ფაქტობრივად არსებული და სასურველი ფაქტორები. რაც უფრო ახლოსაა კოეფიციენტი +1-თან, მით უფრო მეტად ემთხვევა ერთმანეთს ფაქტობრივი და სასურველი ფაქტორები და მით უფრო მეტადაა წარმოჩენილი საკვლევი ობიექტის კლასტერული შესაძლებლობები [6].

სპირმენის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის პრაქტიკული გაანგარიშება მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1) შესაბამისი რანგიდან თითოეული ფაქტორის შედარება – ანუ მოცემული ფაქტორის შეფასება. ამ მეთოდისათვის ყველაზე მაღალი შეფასებაა – 12, ყველაზე დაბალი – 1;

2) განისაზღვრება რანგების განსხვავება შესაბამისი მნიშვნელობების თითოეულ წყვილში;

3) თითოეული განსხვავება აიყვანება კვადრატში და შეჯამდება მიღებული შედეგები;

4) გამოითვლება რანგების კორელაციის კოეფიციენტი შემდეგი ფორმულის შესაბამისად:

$$r_s = 1 - 6 \sum d^2 / n(n^2 - 1), \quad (1)$$

სადაც  $\sum d^2$  - სხვადასხვა რანგების კვადრატების ჯამი, n – წყვილი დაკვირვების რაოდენობა.

თანაბარი რიგების არსებობისას გამოითვლება შესწორებები:

$$T'_a = \sum (a^3 - a) / 12, \quad (2)$$

$$T'_b = \sum (b^3 - b) / 12, \quad (3)$$

სადაც  $\alpha$  – რანგობრივ მწკრივში A თითოეული ჯგუფის თანაბარი მოცულობაა,

ხოლო –  $b$  – ს რანგობრივ მწკრივში B თითოეული ჯგუფის თანაბარი მოცულობა.

სპირმენის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის გაკორექტირებული ფორმულა იღებს შემდეგ სახეს:

$$r_s = 1 - (6 \sum d^2 + T'_a + T'_b) / n(n^2 - 1). \quad (4)$$

4. რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის გამოყენებისას პირობითად ფასდება ნიშნებს შორის კავშირის სიჭიდროვე, კოეფიციენტის მნიშვნელობების გათვალისწინებით; 0,3 ან ნაკლები მნიშვნელობის შემთხვევაში სუსტი სიმჭიდროვის კავშირზე მიუთითებს, მნიშვნელობა, რომელიც 0.4-ზე მეტია, მაგრამ 0.7-ზე ნაკლები – ზომიერი სიმჭიდროვის კავშირს ნიშნავს და 0,7 და მეტი მნიშვნელობები – მაღალი სიმჭიდროვის კავშირების აღმნიშვნელია. თუმცა, ჩვენი მეთოდის მიზნებისათვის მნიშვნელოვანია, არა იმდენად

რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა, რამდენადაც უფრო მეტად წყვილი კოეფიციენტების – ობიექტის და საბაზისოს შორის ერთმანეთთან შედარება.

5. ობიექტის და საბაზისო რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტების შედარება საშუალებას იძლევა შევადაროთ ობიექტის და საბაზისო სასურველი და ფაქტობრივი პარამეტრების სიახლოვის ხარისხი. თუ შედარებისათვის შესწავლილი ობიექტის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად (2-ჯერ და მეტად) აღემატება საბაზისო რანგობრივ კოეფიციენტს, მაშინ შესასწავლი ობიექტის კლასტერული შესაძლებლობები საკმარისია მის ბაზაზე რეგიონული კლასტერის ფორმირებისათვის. აქ შესაძლებელია, რომ აღნიშნულ ობიექტს უკვე ჰქონდეს ფარული (ლატენტური) კლასტერი, რომელიც აუცილებელია იდენტიფიცირებისა და ფორმალიზებისათვის. ობიექტის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის თანაფარდობას შესაბამის საბაზისოთან ეწოდება ობიექტის კლასტერული შესაძლებლობის კოეფიციენტი.

შემოთავაზებული მეთოდის უპირატესობებია: ოპტიმალური შესრულების დრო, დაბალი ფასი, ეკონომიკისა და ბიზნესის სხვადასხვა სფეროში ექსპერტთა დიდი ნაწილის მოზიდვის შესაძლებლობა, მონაცემთა სისტემატური შეგროვების ჩატარების შესაძლებლობა, სიცხადე და გამოყენების სიმარტივე.

ჩვენს შემთხვევაში იმერეთის რეგიონის ბიზნეს სექტორის სამთო-სამრეწველო სექტორის და მინერალური-რესურსების ათვისების შედარების მაგალითად გამოიყენება რეგიონის სამთომომპოვებული დარგი [6, 10, 11].

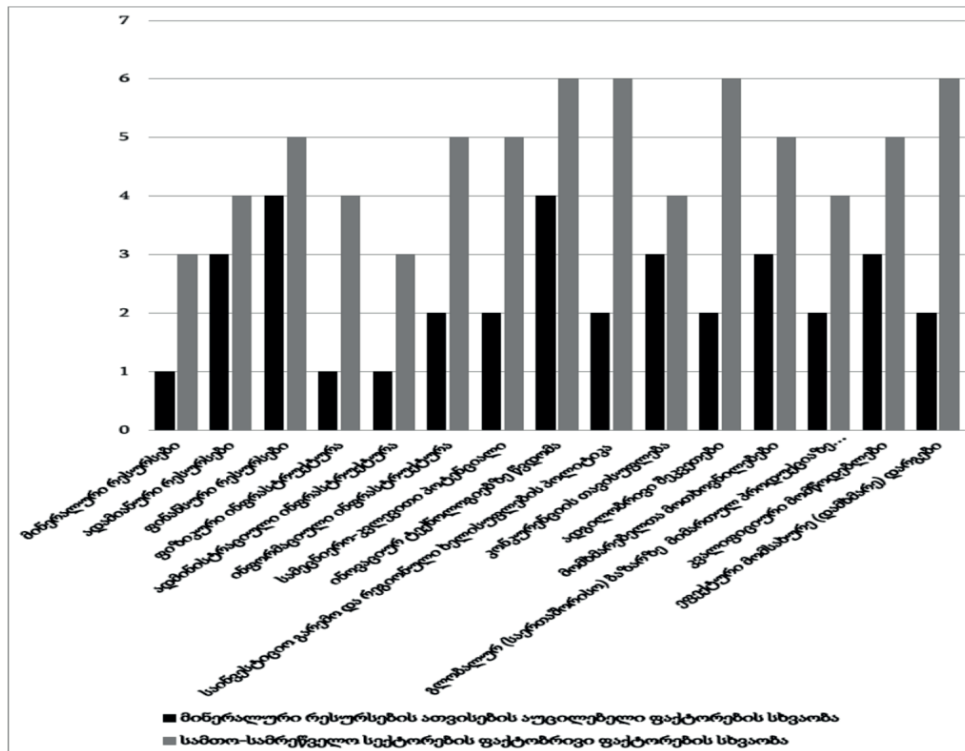
ამ მაგალითში, შესწავლის ობიექტს წარმოადგენს მთლიანობაში რეგიონის მინერალური რესურსების ათვისების სექტორი, ხოლო შედარების საბაზისოს – რეგიონში დღესდღეობით არსებული სამთო მრეწველობა.

იმერეთის რეგიონის მინერალური რესურსების ათვისების და სამთო-სამრეწველო სექტორის კონკურენტუნარიანობის ფაქტორების საექსპერტო შეფასების განზოგადებული მონაცემები შეჯამებული შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

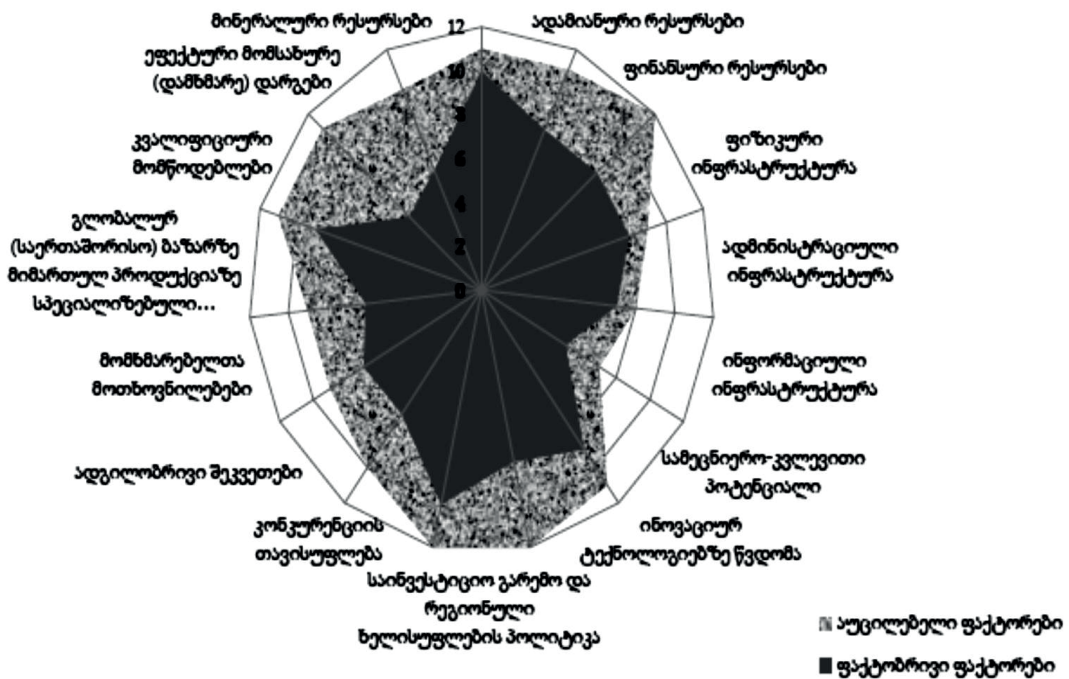
ფაქტობრივ და აუცილებელ პარამეტრებს შორის განსხვავებები ობიექტის და საბაზისო სექტორისათვის ნაჩვენებია ნახაზზე 3, 4, 5 და ცხრილში 3, რომელიც გვიჩვენებს, რომ ობიექტისთვის ასეთი განსხვავებები გაცილებით დაბალია, ვიდრე განსხვავებები საბაზისოსთვის, რაც აშკარად მეტყველებს იმერეთის რეგიონის მინერალური-რესურსული პოტენციალის ინდუსტრიის კონკურენტუნარიანობის (როგორც ობიექტი) სიჭარბეზე, ვიდრე დღესდღეობით სამთო-სამრეწველო სექტორის კონკურენტუნარიანობაზე (როგორც შესადარებელი საბაზისო). ამასთან, დამაჯერებლობის მიუხედავად, კონკურენტუნარიანობის განასაზღვრის მხოლოდ გრაფიკული მეთოდები სრულად არ იძლევა კვლევითი პარამეტრის რაოდენობრივ შეფასებებს, რაც დაკავშირებულია სამთო-სამრეწველო სექტორის კლასტერულ შესაძლებლობებთან.

## კონკურენტუნარიანობის ფაქტორების ექსპერტული შეფასებები იმერეთის რეგიონში

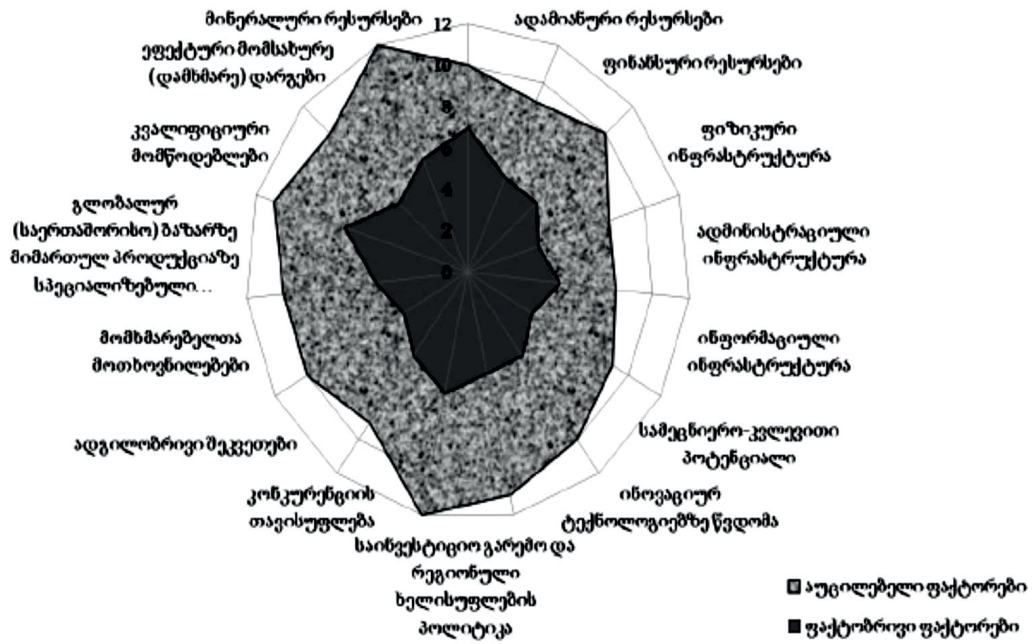
#	ფაქტორების შემადგენლობა	12-ბალიანი სკალით ფაქტორების შეფასება იმერეთის რეგიონის მინერალური რესურსების ათვისების სექტორში		12-ბალიანი სკალით ფაქტორების შეფასება იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო სექტორში	
		აუცილებელი ფაქტორები განვითარებისათვის	ფაქტორები ფაქტორების არსებობა	აუცილებელი ფაქტორები განვითარებისათვის	ფაქტორები ფაქტორების არსებობა
<b>წარმოების ფაქტორების პირობები</b>					
1	მინერალური რესურსები	11	10	10	7
2	ადამიანური რესურსები	11	8	9	5
3	ფინანსური რესურსები	12	8	10	5
4	ფიზიკური ინფრასტრუქტურა	9	8	8	4
5	ადმინისტრაციული ინფრასტრუქტურა	8	7	8	5
6	ინფორმაციული ინფრასტრუქტურა	7	5	9	4
7	სამეცნიერო-კვლევითი პოტენციალი	11	9	10	5
8	ინოვაციურ ტექნოლოგიებზე წვდომა	12	8	11	5
<b>კონკურენციის პირობები</b>					
9	საინვესტიციო გარემო და რეგიონული ხელისუფლების პოლიტიკა	12	10	12	4
10	კონკურენციის თავისუფლება	10	7	9	6
<b>მოთხოვნის პირობები</b>					
11	ადგილობრივი შეკვეთები	9	7	10	9
12	მომხმარებელთა უნიკალური მოთხოვნილების არსებობა	9	6	10	8
13	გლობალურ (საერთაშორისო) ბაზარზე მიმართულ პროდუქციაზე სპეციალიზებული მოთხოვნა	11	9	11	9
<b>დაკავშირებული (პროფილური) და მომსახურე (დამხმარე) საწარმოები</b>					
14	კვალიფიციური მომწოდებლები	11	5	10	5
15	ეფექტური მომსახურე (დამხმარე) დარგები	10	6	12	4



ნახ. 3. კონკურენტუნარიანობის აუცილებელ და ფაქტობრივ ფაქტორებს შორის სხვაობა



ნახ. 4. იმერეთის რეგიონის მინერალური რესურსების ათვისების სექტორის კონკურენტუნარიანობის მოდელი



ნახ. 5. იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო სექტორის კონკურენტუნარიანობის მოდელი

საკვლევი ობიექტის (რეგიონის მინერალური რესურსების/მინერალურ-სანედლეულო ბაზის ათვისების სექტორი) რაოდენობრივი შეფასებები (კლასტერული შესაძლებლობების კოეფიციენტი) მიიღება სპირმენის რანგობრივი კორელაციის მეთოდის დახმარებით. გაანგარიშების შედეგები ნაჩვენებია ცხრილში 3.

რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტების გაანგარიშებისას (ანუ სასურველი და ფაქტობრივი პარამეტრების სიახლოვის ხარისხი) ვღებულობთ შემდეგ მაჩვენებლებს:

იმერეთის რეგიონის მინერალური რესურსების სექტორისათვის = 0,782;

იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო სექტორისათვის = 0,255.

მიღებული შედეგები აჩვენებს, თუ რამდენად უფრო კონკურენტუნარიანია მინერალური რესურსების ათვისების სექტორის პერსპექტიულობა, ვიდრე მხოლოდ დღესდღეობით სამთო ინდუსტრიის კონკურენტუნარიანობა იმერეთის რეგიონში.

ამრიგად, იმერეთის რეგიონის მინერალური რესურსების მომპოვებელი სექტორის პოტენციური კლასტერული კოეფიციენტის შესაძლებლობები სამთო-მომპოვებელი სექტორის შესაძლებლობებთან შეადგენს:  $0,782/0,255 = 3,067$ , რაც აჩვენებს, რომ იმერეთის რეგიონში მინერალური რესურსების ათვისების სექტორის კლასტერული შესაძლებლობები საკმაოდ დიდია, რისი დადასტურებაც სრულიად რეალურია შესაქმნელი კლასტერული მიმართულებებით.

აღსანიშნავია, რომ შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას არა მხოლოდ ობიექტის კლასტერული შესაძლებლობების შეფასების ეტაპზე, არამედ უკვე არსებული, მოქმედი კლასტერების კონკურენტუნარიანობის და ეფექტურობის ანალიზისთვის, მისი განვითარების სტრატეგიის შესწორების მიზნით,

რათა დამატებითი ღირებულების ზრდამ ხელი შეუწყოს სიღარიბის აღმოფხვრას, შექმნას დამატებითი სამუშაო ადგილები და ა. შ.

კლასტერის სტრუქტურის საფუძველზე, პროფილური პოტენციური მონაწილეებისა და რეგიონის თავისებურებების გათვალისწინებით შესაძლებელია რეგიონული და სამრეწველო კლასტერის მოდელის შემუშავება იმერეთის რეგიონში (იხ. ნახ. 6), რომლის ეფექტიანი განხორციელება უზრუნველყოფს რეგიონის კონკურენტუნარიანობის ამაღლებას კლასტერებისა და ქსელური კავშირების ორგანიზაციის სტიმულირებით, კლასტერის შიგნით თანამშრომლობის განვითარებით და ბიზნესის გარემოს ხარისხის ამაღლებით, რაც თავის მხრივ, განაპირობებს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებასა და კონკურენტუნარიანობის ზრდას. აღსანიშნავია, რომ კლასტერის შექმნის ძირითადი ეტაპები, დაფუძნებულია შემდეგ ხუთ ფაზაზე: ინიციაცია, დიაგნოსტიკა, სტრატეგია, ფორმალიზაცია, შეფასება და მონიტორინგი.

რეგიონული კლასტერის შექმნა უდავოდ მნიშვნელოვან სტიმულს მისცემს ფინანსური ბაზრის განვითარებას. სახელმწიფო ფინანსურ ინსტიტუტებთან ერთად, უნდა შეიქმნას რეგიონულ დონეზე საწარმოო, საბანკო და სადაზღვევო სტრუქტურების კომპლექსი (კერძო-სახელმწიფო, კერძო ვენჩურული ფონდები და ინსტიტუტები, „ბიზნეს ანგელოზები“ და ა.შ.).

რეგიონული განვითარების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია რაციონალურად განისაზღვროს გამოუყენებელი მინერალურ-რესურსული პოტენციალის ეფექტიანი ათვისების შესაძლებლობები, რაც უზრუნველყოფს დამატებითი ღირებულების და მთლიანი რეგიონული პროდუქტის ზრდას. კლასტერის ყველა მონაწილე მოგებული რჩება მყარი ურთიერთქმედებით და ისინი ღებულობენ უპირატესობებს ორგანიზაციებთან

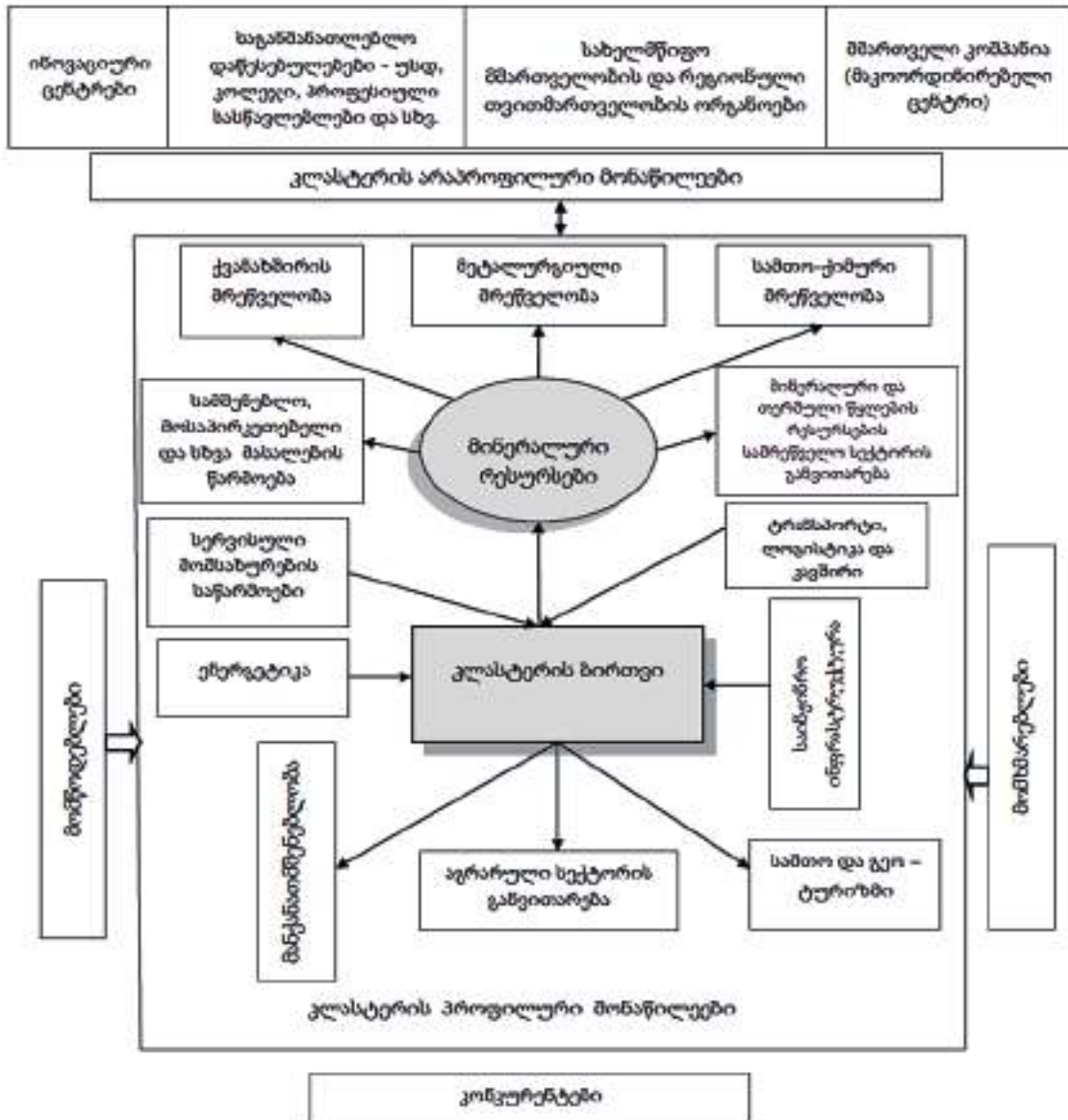
ცხრილი 3\*

კონკურენტუნარიანობის აუცილებელი და ფაქტობრივი ფაქტორების სიახლოვის ხარისხის კოეფიციენტის გაანგარიშება სპირმენის რანგობრივი კორელაციის მეთოდით

№	ფაქტორები	იმერეთის რეგიონის მინერალური რესურსების ათვისების სექტორი				იმერეთის რეგიონის სამთო-სარეწველო სექტორი			
		ფაქტორების შეფასება 12-ბალიანი სკალით		სპირმენის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის გაანგარიშება		ფაქტორების შეფასება 12-ბალიანი სკალით		სპირმენის რანგობრივი კორელაციის კოეფიციენტის გაანგარიშება	
		ფაქტორების აუცილებლობა განვითარებისათვის	ფაქტობრივი ფაქტორების არსებობა	d	d <sup>2</sup>	ფაქტორების აუცილებლობა განვითარებისათვის	ფაქტობრივი ფაქტორების არსებობა	d	d <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	მინერალური რესურსები	11	10	1	1	10	7	3	9
2	ადამიანური რესურსები	11	8	3	9	9	5	4	16
3	ფინანსური რესურსები	12	8	4	16	10	5	5	25
4	ფიზიკური ინფრასტრუქტურა	9	8	1	1	8	4	4	16
5	ადმინისტრაციული ინფრასტრუქტურა	8	7	1	1	8	5	3	9
6	ინფორმაციული ინფრასტრუქტურა	7	5	2	4	9	4	5	25
7	სამეცნიერო-კვლევითი პოტენციალი	11	9	2	4	10	5	5	25
8	ინოვაციურ ტექნოლოგიებზე წვდობა	12	8	4	16	11	5	6	36
9	საინვესტიციო გარემო და რეგიონული ხეკლისუფლებების პოლიტიკა	12	10	2	4	12	6	6	36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	კონკურენციის თავისუფლება	10	7	3	9	9	5	4	16
11	ადგილობრივი შევებითი	9	7	2	4	10	4	6	36
12	მომხმარებელთა მოთხოვნები	9	6	3	9	10	5	5	25
13	გლობალურ (საერთაშორისო) ბაზარზე მიმართულ პროდუქციაზე სპეციალიზებული მოთხოვნა	11	9	2	4	11	7	4	16
14	კვალიფიციური მომწოდებლები	11	5	3	9	10	5	5	25
15	ეფექტური მომსახურე (დამხმარე) დარგების არსებობა	10	6	2	4	12	6	6	36
	$\sum d^2 + T_a + T_b$				122				417
	$6 * (\sum d^2 + T_a + T_b)$				732				2502
	N				15				15
	$n * (n^2 - 1)$				3360				3360
	$R = 1 - 6 * (\sum d^2 + T_a + T_b) / n * (n^2 - 1)$				0,782				0,255

\* აღნიშნული მეთოდი ადაპტირებულია ავტორის მიერ, წყარო: <https://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=29887>



ნახ. 15. იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო კლასტერის მოდელი

შედარებით. ამასთან, კლასტერები ხელს უწყობენ შრომის მწარმოებლურობის ამაღლებას და ინოვაციების გამოყენებას, სადაც გაითვალისწინება კლასტერის მიღწევების გამოყენებით საწარმოთა რესურსების მოპოვების ახალი შესაძლებლობების მიღება, რათა ბიზნესს და რეგიონულ (ადგილობრივ) ხელისუფლებას შეეძლოს მომეზონ გზები სახელმწიფო სტრუქტურების მეშვეობით საკუთარი ინიციატივების უფრო ეფექტიანი განვითარებისათვის.

ამრიგად, დარგის კლასტერიზაციის პოტენციალის შეფასების სქემაში მნიშვნელოვანია პოტენციალის რაოდენობრივი შეფასება, რომელიც მოიცავს რეგიონის განვითარების სოციალურ-ეკონომიკური პარამეტრების შეფასებას და გაითვალისწინება სამრეწველო წარმოების ინდექსები, მცირე მეწარმეობის განვითარების დონე, ეკონომიკურად აქტიური მოსახლეობის რიცხოვნობა,

ეკონომიკის დარგთა ძირითადი ფონდების ღირებულება, მთლიანი რეგიონული პროდუქტი და სხვ. აღნიშნულის გათვალისწინებით, იმერეთის რეგიონის სამთო-სამრეწველო განვითარების ანალიზი გვამოკლებს 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 მიმართულებების გათვალისწინება და რაციონალური 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 ხელშეწყობის რეგიონული პროგრამების მომზადება, მათი განხორციელების მექანიზმების განსაზღვრა და მათ ეფექტიან შესრულებაზე კონტროლის დაწესება. არსებულ სამეწარმეო პოტენციალისა და მაღალი ტექნოლოგიების ბაზაზე სამეწარმეო პროდუქტის ახალი სახეობების მაღალეფექტიანი წარმოების შექმნა;
- საკვლევ სექტორში საინვესტიციო და ბიზნეს გარემოს გაუმჯობესება, სოციალური პასუხისმგებლობის მაღალისტანდარტების დანერგვა, რაც ითვალისწინებს

#### ლიტერატურა

1. Портер М. Э. Конкуренция. «Вильямс», Москва, 2005. 608 с.
2. Портер М.Э. Международная конкуренция: Конкурентные преимущества стран, «Альпина Паблицер», Москва. 2016. 947 с.
3. ე. ბარათაშვილი, ლ. ბერიკაშვილი, რ. ოთინაშვილი, ა. აბრალავა. ბიზნესის ქსელური ორგანიზაცია: კლასტერული მენეჯმენტი და უსაფრთხოება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის და სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2013. 208 გვ.
4. ი. გაგნიძე. ქვეყნების კონკურენტუნარიანობა და კლასტერები: ისტორია და თანამედროვეობა. გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 2012. 120 გვ.
5. ლ. ჩიქავა. ინოვაციური ეკონომიკა. „სიახლე“, თბილისი, 2006. 356 გვ.
6. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=437>
7. Дзидзигური А.А., Бетанели К.П. и др. Минеральные

#### LOBJANIDZE G., NANITASHVILI G., MACHAIDZE G., GUDAVADZE Z PERSPECTIVE OF FORMATION OF MINING-INDUSTRIAL CLUSTERS IN IMERETI REGION

**ANNOTATION.** The paper analyzes the main directions and prospects of regional innovation system and cluster development policy and potential research as a means of economic growth and development. The methodology of cluster capacity analysis in the mining and industrial sectors of Imereti regional economy is proposed and generalized. The methodology uses expert assessments of the proximity of the factors required for cluster formation to their actual values. Based on the cluster structure, taking into account the potential potential participants and the peculiarities of the region, the possibility of forming a regional and industrial cluster model in Imereti region has been developed, as well as suggestions and practical recommendations on the theoretical-methodological basis of cluster policy formation and mechanism implementation.

**KEY WORDS:** competitiveness; economic cluster; mineral resources; mining industry; regional economy; business sector; cluster capacity ratio; expert evaluation; Spearman rank correlation method; economic analysis.

მინერალური რესურსების ათვისებაში როგორც ადგილობრივი მოსახლეობის სარგებელის მიღებას, ასევე კერძო სექტორის რეალური მოთხოვნების გათვალისწინებას;

- მინერალური რესურსების ეფექტიანი მართვის პროცესში სასაქონლო პროდუქტებით დამატებითი ღირებულების შექმნა, წიაღისეულის ქვეყნის ტერიტორიაზე გადამუშავების ხელშეწყობა და ამ მიზნით მაკოორდინებელი ორგანოს ჩამოყალიბება ცენტრალურ და რეგიონულ დონეზე.

ресурсы Грузии и проблемы их рациональной разработки. „Мецниереба“, Тбилиси, 1991. 279 с.

8. Ермишина А.В. Конкурентоспособность региона [Электронный ресурс]. <http://www.cfin.ru/management/strategy/competitiveness.shtml?printversion>
9. Колошин А., Разгуляев К., Тимофеева Ю., Русинов В. Анализ зарубежного опыта повышения отраслевой, региональной и национальной конкурентоспособности на основе развития кластеров [Электронный ресурс]. [http://www.politanaliz.ru/articles\\_695.html](http://www.politanaliz.ru/articles_695.html)
10. Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена rs [Электронный ресурс]. <http://qxov.narod.ru/spirmen.html>
11. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена [Электронный ресурс]. <http://www.infamed.com/stat/s05.html>

#### ЛОБДЖანიძე გ. ზ., ნანიტაშვილი გ. ჯ., მაცაიძე გ. ლ., გუდავაძე ზ. ლ. ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ В ИМЕРЕТИНСКОМ РЕГИОНЕ

**АННОТАЦИЯ.** В работе проанализированы основные направления и перспективы региональной инновационной системы и политики кластерного развития, а также исследования потенциала как средства экономического роста и развития. Предложена и обобщена методология анализа кластерной емкости в горнодобывающем и промышленном секторах экономики Имеретинского региона. В методике используются экспертные оценки близости факторов, необходимых для формирования кластера, к их фактическим значениям. На основе кластерной структуры с учетом потенциальных участников и особенностей региона разработаны возможность формирования регионально-промышленной модели кластера в Имеретинском регионе, а также предложения и практические рекомендации по теоретико-методологической основе, для формирования и реализации механизма кластерной политики.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** конкурентоспособность; экономический кластер; полезные ископаемые; горная промышленность; региональная экономика; бизнес сектор; коэффициент мощности кластера; экспертная оценка; метод ранговой корреляции Спирмена; экономический анализ.

## დოქტორანტი ნ. დოლიძე

## ნახშირის წვრილმარცვლოვანი ფრაქციების დაბრიკეტების შედეგად მიღებული პროდუქციის გამოყენების პერსპექტივები

*ანოტაცია. სტატიაში აღწერილია ნახშირის დაბრიკეტების თანამედროვე მიდგომები; მოთხოვნები, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ნახშირის ბრიკეტები, რომ სრულად იქნას გათვალისწინებული პოტენციური მომხმარებლის ინტერესები; აღწერილია დაბრიკეტების პროცესზე მოქმედი ფაქტორები და დადასტურებულია დაბრიკეტების პროცესის პერსპექტიულობა საბოლოო პროდუქციის ხარისხის ამაღლების მიზნით, რაც განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირებისათვის.*

*საკვანძო სიტყვები: ბრიკეტი; თერმული დამუშავება; შემკვრები ნივთიერება; დამსხვრევა.*

ამჟამად მსოფლიოში მოპოვებული ნახშირის თითქმის მეოთხედი წარმოადგენს წვრილმარცვლოვან ფრაქციას. ასეთი ტიპის სათბობს არ გააჩნია მოთხოვნა სამომხმარებლო ბაზარზე, სითბოს დაბალი გამოყენების გამო. მოუხერხებელია მისი გამოყენება საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვისაც, რადგან წვრილმარცვლოვანი მასალა პირდაპირ განიტვირთება საწვავი კამერის რიკულებიდან ცხურში და ამის გამო აქვს დაბალი ეფექტურობა. გარდა ამისა, წვრილი და მტვრისებრი ფრაქციის დიდი რაოდენობის არსებობა იწვევს ჟანგბადის მიწოდების გადაკეტვას და ღუმელი ქრება. პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი გზაა ნახშირის ბრიკეტება. ეს ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა ასეთი მასალიდან, მაღალი დაწნევის პირობებში, დამზადებული იქნას სათბობი მასალა ბრიკეტების სახით. ნახშირის ბრიკეტი კარგად იტანს ტრანსპორტირებას, ინახება დიდხანს, გამოირჩევა დიდი კალორიულობით საწყის მასალასთან შედარებით (≈6000 კკალ/კგ), არ გამოყოფს კვამლს, იწვის მთლიანად, არ ხდება შეცხოვა წვის პროცესში და გადადის ნაცარში. უნდა აღინიშნოს, რომ ხარისხიანი ნახშირის ბრიკეტებში ნაცრიანობა არ აღემატება მთელი მოცულობის 7-8 %-ს.

მსოფლიოს სხვადასხვა მეცნიერთა კვლევების (ლ.ა. ლურიე და სხვა) საფუძველზე, ბრიკეტების უნარის მიხედვით, მოხდა მთელი რიგი მასალის კლასიფიკაცია, რომლის მიხედვით პირველი ჯგუფი წარმოადგენილია იმ სასარგებლო წიაღისეულით და ნარჩენებით, რომელთა ბრიკეტირება მიმდინარეობს შემკვრელი ნივთიერებების გარეშე და იყო 4 ქვეჯგუფად:

- ქვეჯგუფი – მასალები, რომლებიც შეიცავს ისეთ კომპონენტებს, რომლებსაც გააჩნია შემაცემენტებელი თვისებები (თიხები, მეტალთა სულფიდები, ალდგენილი რკინა და სხვა). აქ ასევე შედის წვრილი, მტვრისებრი, სუსტი სტრუქტურის მქონე მასალები, კერძოდ, რკინისა და ფერად ლითონთა მადნები, მურა ნახშირები და სხვა.
- ქვეჯგუფი – მოიცავს მასალებს, რომლებსაც გააჩნია კოლოიდური თვისებები. უმეტეს შემთხვევაში ეს არის მტვრისებრი და სუსტი სტრუქტურის მქონე წიაღისეული (ახალგაზრდა მურა ნახშირები, ტორფი,

ქრომისა და ნიკელის შემცველი მადნები და სხვა).

- ქვეჯგუფი – მადნეული სასარგებლო წიაღისეული, რომელიც საჭიროებს ბრიკეტირებისას ალდგენით გამოწვას (მაგნეტიტური წვრილმანი, პირიტის ნამწვი.)
- ქვეჯგუფი – მოიცავს ისეთ მასალებს, რომლებიც საჭიროებს მაღალ წნევებს დაწნევის პროცესში, იმის გამო, რომ მათში არ არის შემაცემენტირებელი კომპონენტები (ზოგიერთი ტიპის რკინის მადნები; ძველი მურა ნახშირები).

მეორე ჯგუფში შედის ორი ქვეჯგუფი:

- პირველი ქვეჯგუფი – წარმოდგენილია ნივთიერებებით, რომელთა ბრიკეტირება ხდება მინერალური წარმოშობის შემკვრელი დანამატებით (მადნები; წარმოების ნარჩენები).

მეორე ქვეჯგუფი შედგება ისეთი მასალებისგან, რომელთა ბრიკეტირება ხდება ორგანული წარმოშობის შემკვრელი დანამატებით (ქვანახშირი; ანტრაციტი; საკოქსე წვრილმანი და ზოგიერთი მადნები).

დანიშნულების მიხედვით ნახშირის ბრიკეტები იყოფა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ბრიკეტებად. სამრეწველო ბრიკეტები გამოიყენება, როგორც ნედლეული ნახევრად დაკოქსებისათვის (მურა ნახშირები) და დაკოქსებისათვის (ქვანახშირი და მურა ნახშირი). ქვანახშირის ბრიკეტები შეიძლება გამოყენებული იყოს, როგორც თბოსაიზოლაციო მასალა, ძირითად ნედლეულად სხვადასხვა სახის ელექტროდების წარმოებაში. საყოფაცხოვრებო ბრიკეტების ძირითად მომხმარებელს წარმოადგენს მოსახლეობა. საყოფაცხოვრებო ბრიკეტებს თერმული და მექანიკური სიმტკიცის გაზრდის, აგრეთვე კვამლიანობის შემცირების მიზნით ამუშავებენ თერმულად.

ნახშირის დაბრიკეტება ფართოდაა გავრცელებული ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა გერმანია, პოლონეთი, ჩეხეთი, აშშ, იაპონია, საფრანგეთი, უკრაინა, დიდიბრიტანეთი, რუსეთი და სხვა. თანამედროვე ფაბრიკები, სადაც ხდება ბრიკეტირება წარმოადგენს მაღალმწარმოებლურ, ავტომატიზირებული მოწყობილობით აღჭურვილ საწარმოებს.

ნახშირები შედგება ორგანული მასისა და მინერალური მინარევებისაგან. ნახშირების ორგანული მასა ძირითადად წარმოადგენილია ოთხი ელემენტით: ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი და აზოტი. შედარებით მცირე რაოდენობითაა გოგირდი, რომელიც წარმოადგენს მავნე მინარევს. რაც შეეხება მინერალურ მინარევს – არის ნახშირის ნაცრიანობის მახასიათებელი და წარმოადგენს ნარჩენს, რომელიც წარმოიქმნება მყარი საწვავი ნივთიერების დაწვის შემდეგ და მერყეობს ფართო ზღვრებში.

ნახშირების იმ ძირითად ფიზიკურ სიდიდეებს, რომელიც უნდა გავითვალისწინოთ მისი ბრიკეტირებისას მიეკუთვნება:

**ფორიანობა** – განსაზღვრავს ნახშირის ჰიგროსკოპიულობას და შემკვრელი ნივთიერების დიფუზიის ხა-

რისხს. ნახშირის ფორები საშუალო დიამეტრისა და შიდა ზედაპირის მიხედვით იყოფა მაკრო - და მიკროფორებად. აღნიშნული პარამეტრები შესაბამისად ტოლია: მაკროფორებისათვის –  $5 \cdot 10^{-8}$  მ და  $1 \text{ მ}^2/\text{გ}$ , ხოლო მიკროფორებისათვის –  $(5-15) \cdot 10^{-10}$  მ და  $200 \text{ მ}^2/\text{გ}$ .

**მსხვერვალობა** – განსაზღვრავს ნახშირების უნარს წინააღმდეგობა გაუწიოს დაშლას მამსხვერვეი სხეულების ზემოქმედების დროს. მსხვერვალობის კოეფიციენტი დგინდება ნატეხების ზომის ფარდობით დამსხვერვეამდე და დამსხვერვეის შემდგომ.

**სიმყიფე** – ნახშირის თვისება დაიშალოს მექანიკური ზემოქმედების შედეგად, იმ შემთხვევისათვის, როცა არ განიცდის პირდაპირ ზემოქმედებას მამსხვერვეი სხეულებისაგან. მისი საშუალებით აფასებენ ნახშირის ქცევას დაწნეხვის დროს.

**დასველების უნარი** – ახასიათებს შემკრებლის გადინების ინტენსიურობას ნახშირის ზედაპირიზე.

ნახშირების ბრიკეტირება ძირითადად ორი მეთოდით ხორციელდება: შემკვრელი ნივთიერებების გამოყენებით და მის გარეშე. პირველი მეთოდით ხდება ქვანახშირის და „ძველი“ მურა ნახშირის, ანტრაციტების, საკოქსე წვრილმანის დაბრიკეტება, ხოლო შემკვრელი ნივთიერების გარეშე ახალგაზრდა მურა ნახშირების.

დაბრიკეტება, როგორც დანაჭროვნების დამოუკიდებელი ტექნოლოგიური პროცესი, შედგება შემდეგი საწარმოო ოპერაციებისაგან.

1. ნედლეულის მომზადება დაწნეხვისათვის: დამსხვერვა, გაცხრილვა, დაფქვა და გამრობა; შემკვრელი ნივთიერების მომზადება; საბრიკეტო კაზმის კომპონენტების დოზირება, მათი შერევა, გაცხელება და დაწნეხვის წინ კაზმის გაციება;
2. ბრიკეტის კაზმის დაწნეხვა იმ ძალისხმევით, რომელიც დამოკიდებულია დასაბრიკეტებელი მასალის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე და პეტროგრაფიულ შემადგენლობაზე;
3. ე.წ. „ნედლი“ ბრიკეტების დამუშავება მისი სწრაფად გამყარების მიზნით (გაციება, შეორთქვლა, კარბონიზაცია, გაშრობა, ალდგენითი გამოწვა და სხვა);
4. დასაწყობება.

მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ნახშირის ბრიკეტები შემდეგია:

1. მდგრადობა ატმოსფეროს ზეგავლენის მიმართ (არ იშლება ტემპერატურის ზემოქმედებით და ატმოსფერული ნალექის გავლენით);
2. მექანიკური მდგრადობა (წინააღმდეგობის უნარი დარტყმის, მოხეხვის და ღუნვის მიმართ);
3. ფორიანობა (საკმარისად ფოროვანი, რომელიც უზრუნველყოფს აირების კარგ შეღწევადობას წვის და დნობისას მაღალი ტემპერატურის პირობებში);
4. ტენის მინიმალური შემცველობა (რომლის არსებობის შემთხვევაში საჭიროა სითბოს დამატებითი ხარჯები აორთქლების მიზნით და რაც ამწელებს ბრიკეტების აირშეღწევადობას);
5. ტემპერატურის მიმართ მედეგობა – არ უნდა დაიშალოს წვისა და დნობისას მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

ნახშირის ბრიკეტის წარმოება საშუალებას იძლევა:

- მიღებული იქნას გაუმჯობესებული ხარისხისა და ტრანსპორტირებადი სათბობი;
- შემცირებული იქნას ნახშირის დანაკარგები მისი შენახვისა, გადაზიდვის და წვის პირობებში;
- თავიდან იქნას აცილებული თვითაალება;

- დაკოქსების პროცესში გამოყენებული იქნეს არა-შეცხობადი მარკის ნახშირების დამატებითი რესურსები.

იმის გამო, რომ მსოფლიოში, მათ შორის საქართველოში, ნახშირი წარმოადგენს ძირითად ნედლეულს ენერგეტიკულ, მეტალურგიულ, ქიმიურ მრეწველობაში და საქართველოში მხოლოდ ტყიბულ-შაორის საბადოს საწარმოები წარმოადგენს ძირითად მომწოდებელს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნახშირის რესურსის სრულად ათვისებას ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისათვის. აღნიშვნის ღირსია, რომ ტყიბულის საბადოს ნახშირები, რთულ, ფიზიკურ-ქიმიური შედგენილობიდან გამომდინარე, მიეკუთვნება ძნელად გასამდიდრებელ კატეგორიას და, შესაბამისად, გადამუშავების ტექნოლოგიური სქემის სირთულის გამო, გამდიდრების პროცესში წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით წვრილმარცვლოვანი მასალა, რომლის სრულად გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირები მიეკუთვნება „I“ და „II“ მარკის ნახშირებს. ტექნოლოგიური გამოკვლევების მიზნით აღებული იქნა ტყიბულის რიგითი ნახშირების სინჯი სისხოთი 0-25 მმ. საცრითი ანალიზის მიხედვით კლასების გამოსავალი პროცენტებში შეადგენდა: +13-8.8 მმ; 13-7 მმ -18; 7-3 მმ-31; 3-0 მმ-42.2. სინჯის მახასიათებლები შეადგენდა: ტენიანობა – 7.1 %, ნაცრიანობა – 50.9-53.3 % და აქროლადი ნივთიერებების გამოსავალი – 52 %.

ლაბორატორიულ პირობებში აღნიშნული მარაგებიდან აღებულია 10-0 მმ ზომის კლასი, საიდანაც 10-1 მმ კლასის ნახშირები გამდიდრებული იქნა  $1.6 \text{ გ/სმ}^3$  სიმკვრივის ქლოროვანი თუთიის ხსნარში, მიღებული იქნა კონცენტრატი ნაცრიანობით 20.6 % და აქროლადი ნივთიერების გამოსავლით 45.0 %. 1-0 მმ კლასის ნაცრიანობა შეადგენდა 46.5 %. აქროლადი ნივთიერებების გამოსავალი – 49.5 %. იმის გამო, რომ გამოსაცდელი სინჯის ნაცრიანობა ძალიან მაღალი იყო ექსპერიმენტული კვლევები წარმართა შეზღუდულ რეჟიმში. მიუხედავად ამისა შეგვიძლია გავაკეთოთ გარკვეული დასკვნები და რეკომენდაციები.

ტყიბულ-შაორის საბადოს „I“ და „II“ მარკის ენერგეტიკული ნახშირები, რომლებიც გამოიყენება საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მიზნებისათვის იწვის არაეფექტურად შემდეგი მიზეზების გამო:

- მაღალი ნაცრიანობა და წვის დაბალი სითბო ( $4500-3500 \text{ კკალ/კგ}$ );
- აქროლადი ნივთიერებების მაღალი გამოსავალი იწვევს ალის დაკვამლიანებას წვის დროს;
- წვრილმარცვლოვანი მასალის დიდი რაოდენობა აქვეითებს ნახშირის გამოყენების კოეფიციენტს არასრული წვის გამო.

სხვადასხვა სამეცნიერო დაწესებულებების მიერ ჩატარებული კვლევებით დადგენილია ასეთი წვრილმარცვლოვანი ენერგეტიკული ნახშირების გადამუშავების და მისგან უკვამლო პროდუქტის მიღება სხვადასხვა მეთოდით. ერთ-ერთ ასეთ მეთოდს წარმოადგენს თერმობრიკეტირება, რომელიც გულისხმობს წინასწარ გაცხელებას  $140-380^{\circ}\text{C}$  –მდე. თერმობრიკეტებს გააჩნია დაბალი მტვერის წარმოქმნის უნარი და ითვლება როგორც უკვამლო სათბობი.

ჩატარებული ცდები გვიჩვენებს, რომ ტყიბულის ნახშირები, მიუხედავად მაღალი ნაცრიანობისა და

არაოპტიმალური პარამეტრების (ნახშირის გაცხელება ხორციელდება მურა ნახშირებისათვის ოპტიმალურ პირობებში) შემთხვევაში შეიძლება გადამუშავებული იქნეს თერმობრიკეტირებით და მისგან შესაძლებელია მიღებული იქნას საკმარისად მტკიცე და წყალმედეგი თერმობრიკეტები.

**ლიტერატურა**

1. ა. აბშილავა. წიაღისეულის გამდიდრების საფუძვლები. ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2011. 161 გვ.

**DOLIDZE N.  
PROSPECTS FOR THE USE OF PRODUCTS  
GAINED AS A RESULT OF BRIQUETTING OF  
FINE-GRAINED FRACTIONS OF COAL**

**ANNOTATION.** The article describes modern approaches to briquetting of coal; requirements that must be met by coal briquettes in order to fully take into account the interests of the potential customer; the factors affecting the briquetting process are described and the perspective of the briquetting process is confirmed in order to improve the quality of the final product, which is especially important for the coals of the Tkibuli-Shaori deposit.

**KEY WORDS:** briquettes; thermal processing; collecting substance; breaking.

2. ზ. არაბიძე. წიაღისეულის გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდები. სტუ. თბილისი, 2009. 150 გვ.
3. ნ. გომელაური. ნახშირების გამამდიდრებელი ფაბრიკების დაპროექტება, „განათლება“, თბილისი, 1972. 567 გვ.
4. ნ. გომელაური. სასარგებლო წიაღისეულთა დანაჟროვნება. „განათლება“, თბილისი, 1966. 334 გვ.

**ДОЛИДЗЕ Н.Р.  
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРОДУКЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ  
БРИКЕТИРОВАНИЕМ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ  
ФРАКЦИЙ УГЛЯ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье описываются современные подходы к брикетированию угля; требования, которым должны соответствовать угольные брикеты, чтобы полностью учесть интересы потенциального заказчика; описаны факторы, влияющие на процесс брикетирования и подтверждена перспективность процесса брикетирования с целью повышения качества итогового продукта, что особенно важно для угля Ткибули-Шаорского месторождения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** брикет; термическая обработка; связующее вещество; дробление.

უკ 622 . 7 :622 . 342 . 22

აკად. დოქტორი ნ. შეყრილაძე, აკად. დოქტორი ა. შეყილაძე,  
აკად. დოქტორი ო. კავთელაშვილი, აკად. დოქტორი მ. ბაღნაშვილი,  
აკად. დოქტორი ი. სამხარაძე, ს. მაღლაკელიძე

**გუმბრის საბადოს გლაუკონიტის ქვიშების კვლევა გამდიდრებადობაზე  
კონცენტრატის მიღების მიზნით**

*ანოტაცია. სტატიაში წარმოდგენილია გუმბრის საბადოს გლაუკონიტის ქვიშების გამდიდრებადობაზე შესწავლის შედეგები, სინჯის ნივთიერებრივი შედგენილობის და ტექსტურულ-სტრუქტურულ თავისებურების გათვალისწინებით გამდიდრების მეთოდად შერჩეულია მაგნიტური სეპარაცია. შემუშავებულია გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა შესაძლებლობას იძლევა 1 ტონა ნედლეულიდან მიღებულ იქნას 182 კგ კონცენტრატი, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის შემცველობით 13,26 %.*

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

გლაუკონიტი კალიუმის შემცველი მწვანე ფერის წყლიანი ალუმინოსილიკატი, იდეალიზირებული ფორმულით  $(K,Na)(Fe^{3+},Al,Mg)_2(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$ , რომელიც მინერალოგების საერთაშორისო ასოციაციის (IMA) ქარსების ქვეკომიტეტის მიერ მიკუთვნებულია დიოქტაედრული სტრუქტურის ქარსებს, კათიონების დეფიციტით შუა შრეებში (Rieder et al.1998). იგი ფართოდ არის გავრცელებული დანალექ ქანებში (ბატალიური მწვანე ლამი, გლაუკონიტის ქვიშაქვები, ღია მწვანე

ფერის ცარცული ქვიშები, კირქვები და ა.შ.), მაგრამ არსად ჰქმნის მსხვილ დანაგროვებს და მხოლოდ სხვა მინერალებთან ერთად გვხვდება თიხურ ან ქვიშურ სიზრქეებში. განსაკუთრებით საყურადღებოა გლაუკონიტის ქვიშაქვები ანუ ქანები, რომლებიც შედგება გლაუკონიტის (50-60 %), კვარცის (25-30 %), მინდვრის შპატის და კალციტის (10 %) მარცვლებისა და ნატეხებისგან, შეკავშირებული ფოროვანი კარბონატული ან თიხური ცემენტით ან მათი ნარევით[1, 2].

გლაუკონიტის სტრუქტურული და ქიმიური მახასიათებლები, ადვილად გამოფიტვადობა და ფერი იძლევა მრავალმიზნობრივი დანიშნულების პროდუქტს, რომელსაც უვნებელ ბუნებრივ სასუქად იყენებს სოფლის მეურნეობა, საკვების დანამატად - მეფრინველეობა და მეცხოველეობა, მწვანე პიგმენტად - ლაქ-საღებავების წარმოება, ენტეროსორბენტად - მედიცინა და ვეტერინარია, სორბენტად-გარემოს დაცვა: ქალაქების გამწვანება პრინციპით „მწვანე ბალახი“, ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ნავთობპროდუქტებით, მძიმე მეტალებით და რადიონუკლიდებით დაბინძურებისაგან, ტექნოგენური დატვირთვის ქვეშ მყოფი ტერიტორიების ნიადაგების სანაცისთვის, ისე

რომ საჭირო არ ხდება მიწის ზედა ფენის მოხსნა და გადაადგილება, სამთო გამონამუშევრების რეკულტივაციისთვის; განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს იგი მავნე ნივთიერებებისა, ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ავარიული დაღვრების დროს, გარემოში მათი გავრცელების აღმკვეთი გეოქიმიური ზღუდეების მოსაწყობად და ა.შ [3, 4, 5]. ინფორმაცია საქართველოს გლაუკონიტის ქვიშაქვების გამდიდრების თაობაზე ძალზე მწირია. საქართველოში კი მისი შესწავლის ისტორია 1928 წლიდან იწყება, მაგრამ ძეგნა-ძიებით სამუშაოებს, რომლებიც სპორადულად მიმდინარეობდა, პრაქტიკული შედეგი არ მოჰყოლია. დღეს, გარემოს გლობალური ანტროპოგენული დაბინძურების პირობებში, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბუნებრივი სასუქების, ადსორბენტების და პიგმენტების საკუთარი წარმოების განვითარებას ჩვენი ქვეყნისთვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს. კვლევითი სამუშაო მიზნად ისახავდა საქართველოს, კერძოდ გუმბრის საბადოს გლაუკონიტის ნედლეულის კვლევას გამდიდრებადობაზე, მისი ტექნოლოგიური თვისებების

დადგენისა და გადამუშავების ტექნოლოგიის შემუშავებისთვის.

გუმბრის საბადო მდებარეობს წყალტუბოს რაიონის სოფელი გუმბრის ტერიტორიაზე. იგი წარმოდგენილია გლაუკონიტის ქვიშაქვებით. მისი სტრატეგია შემდეგნაირია: ყველაზე ძველი, ქვედა ჰორიზონტის ქანი ურგონული ასაკის მასიური კირქვებია, რომელსაც მოჰყვება აპტური მერგელები, ხოლო შემდეგ გლაუკონიტის ქვიშაქვები, სიმძლავრით - 10-15 მ. მათ გადამხურავად ადევს 35-50 სმ-ის სიმძლავრის მკვრივი ქვიშაქვა, რომელსაც მოჰყვება ფლორიდინის (მონტმორილონიტის მაღალი შემცველობის მქონე თიხა) ძირითადი ფენა, სიმძლავრით 2-7 მ. გადამხურავი ქანები თიხა-ქვიშაქვიანია, სიმძლავრით რამდენიმე სმ-დან ერთ მ-დე. გლაუკონიტის ქვიშაქვების ფენა დახრილია 5-150-ით და მიმართული სამხრეთ-დასავლეთით 210-2500-ით. მინერალოგიური ანალიზის თანახმად ქანი წარმოდგენილია შემდეგი მინერალებით: გლაუკონიტი, კვარცი, გათიხებული პლაგიოკლაზი, კარბონატი, რკინის მინერალები და ქარსი (სურ. 1).



გლაუკონიტი



კვარცი



პლაგიოკლიზი



რკინის მინერალები



ქარსი



კარბონატები

სურ. 1. გლაუკონიტის ქანიდან გამოყოფილი მონომინერალები

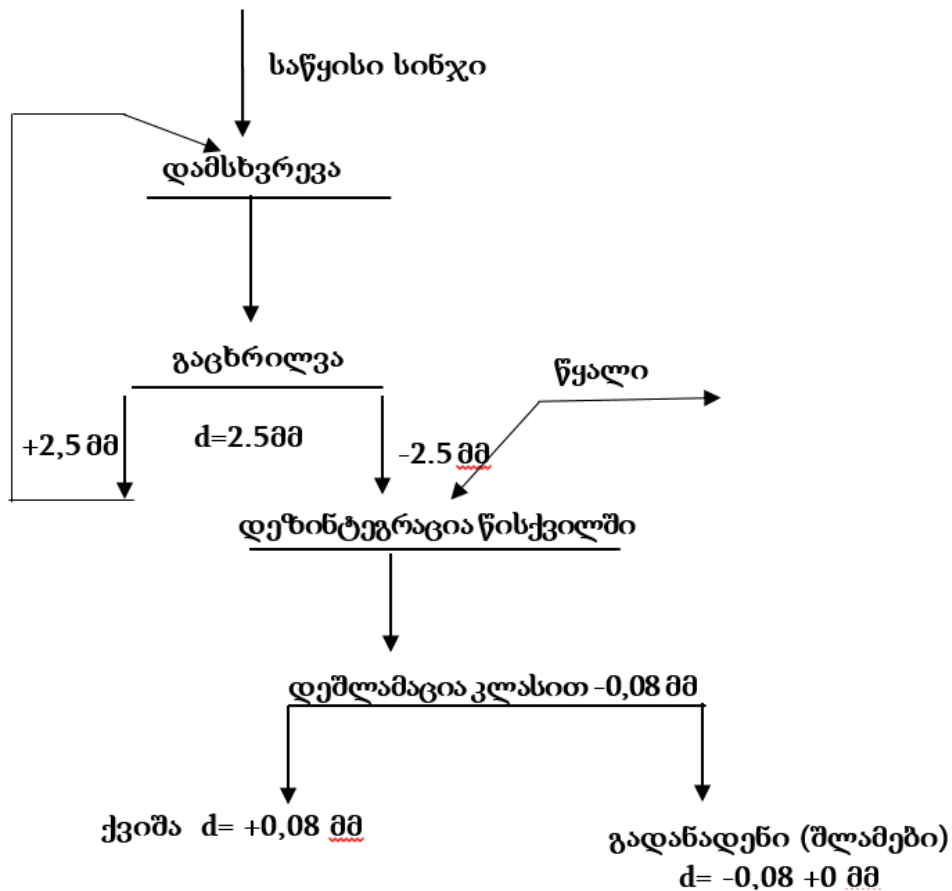
ქანის მატრიციდან გლაუკონიტის მარცვლების გამოსათავისუფლებლად საკვლევი სინჯი დამსხვრეული იქნა -2,5 მმ-დე. მისი ფრაქციული შედგენილობა წარმოდგენილია ცხრილში 1.

2,5მმ-დე დამსხვრეული გლაუკონიტის ნედლეულის გრანულომეტრული შედგენილობა და რკინის განაწილება გაცრის ფრაქციებს შორის

N	სისხოს კლასები, მმ	კლასის მასური წილი, %		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - ის (საერთო) მასური წილი, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - ის განაწილება ფრაქციებს შორის, %
1	-2.5+1.25	3.9	6.94	6.3	6.25
2	1.25+0.63	3.04			
3	-0.63+0.315	18.06		6.7	17.29
4	-0.315+0.16	29.90		8	34.17
5	-0.16+0.08	20.39		6.3	18.35
6	-0.08+0,04	7.64		5.09	5.55
7	-0.04+0	17.07		7.3	18.46
8	-2.5+0	100		7.0	100

ცხრილი 2-ის თანახმად, თიხური ფრაქციის (კლასი -0,04+0 მმ) 17 %-ზე მეტია და მასში ამოიკრიფება საწყისი რკინის 18 %-ზე მეტი, ამასთან მცირეა კლასის (-0,08+0,04მმ) მასური წილი (7,64 %) და რკინის შემ-

ცველობა მასში 5,09 %, მაგნიტური სეპარაციის მაღალი სელექციურობის უზრუნველსაყოფად საწყისი მასალის დეჰლამაცია მოხდა კლასით -0,08+0 მმ. ზედა კლასი -2,5+0,08 მმ დაექვემდებარა მაგნიტურ სეპარაციას.



ნახ.1. გლაუკონიტის ქვიზის დეზინტეგრაციის სქემა

დელამაცია გულისხმობს გასამდიდრებელი მასალის დეზინტეგრაციას წყლის გარემოში და წვრილი კლასის მოცილებას გადანადენის სახით. მასალის დეზინტეგრაციისთვის გამოყენებული იქნა ბურთულეებიანი დოლური წისქვილი. რომლის მუშაობის რეჟიმის დასადგენად ექსპერიმენტები ტარდებოდა შემდეგ პირობებში: ტექნოლოგიური სინჯის მასა თითოეულ ცდამი ერთნაირი და ტოლი - 1 კგ; დამფქვავე სხეულების-ბურთულეების მასის ცვალებადობის დიაპაზონი 1 კგ-დან 4 კგ-დე, ბიჯით 1 კგ; დაფქვის ხანგრძლივობა - 5 წთ; მყარის და თხევადის ფარდობა 1:1 მოცულობით. ექსპერიმენტების ჩატარების სქემა მოცემულია ნახაზზე 1.

ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად დადგინდა დეზინტეგრაციისა და დელამაციის ტექნოლოგიური რეჟიმული პარამეტრები: სინჯის და ბურთულეების მასების ფარდობა 1/3; დეზინტეგრაციის ხანგრძლივობა 5 წთ; წყლის ხარჯი მყარი/თხევადი 1:1. ზემოაღნიშნულ პირობებში ჩატარებული ცდების შედეგად მიღებული იქნა ქვიშური ფრაქცია, გამოსავალით 56.50 %, რკინის ოქსიდის შემცველობით 7.37 %, რომელიც წარმოადგენს საწყის მასალას მაგნიტური სეპარაციისთვის.

გლაუკონიტი ორ- და სამვალენტია რკინის შემცველი მინერალია, რაც მის მაგნიტურ ამთვისებლობას განაპირობებს. იგი სუსტმაგნიტურია და ძლიერ მაგნიტურ ველში მაგნიტურ ფრაქციაში გადადის. ამ თვისების გამო ქვიშიდან მისი ამოღების ყველაზე ეფექტური ხერხია მაგნიტური სეპარაცია, რომლის შედეგები დამოკიდებულია მაგნიტური სისტემის

პარამეტრებზე. ამ უკანასკნელს კი განისაზღვრავს მრავალრიცხოვანი ურთიერთდაკავშირებული ელემენტი. ესენია: მაგნიტური სისტემის ტიპი, პოლუსების ფორმა და განლაგება, მაგნიტური მასალის შედგენილობა, როტორების დიამეტრი, მათი ბრუნვის სიხშირე, მდნის სისხო, მაგნიტური მინერალების შემცველობა და ჩაწინწკლის ხასიათი. სველი მაგნიტური სეპარაციისას მნიშვნელობა აქვს წყლის რაოდენობასა და აზაზანის ტიპს. გლაუკონიტის კონცენტრატის მისაღებად შერჩეული იქნა СМВИ-1ЛМ მარკის, მაგნიტური ველის მაღალი დამაბულობის მქონე ლილვაკებიან სეპარატორი, განკუთვნილი სუსტმაგნიტური მინერალების გასაყოფად.

ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრებიდან, ორის გარდა, ყველა მუდმივია და მათი დარეგულირებისთვის ექსპერიმენტების ჩატარება საჭირო არ არის. აქედან გამომდინარე გლაუკონიტის ქვიშიდან ამოკრეფის ეფექტურობა დამოკიდებულია გასამდიდრებელი მასალის ზომებზე და სეპარატორის ლილვაკების ბრუნვის სიჩქარეზე. პირველი მათგანი განისაზღვრავს გლაუკონიტის ქვიშის დეზინტეგრაცია-დელამაციის შედეგად მიღებული ქვიშური ფრაქციის საცრული ანალიზით, ხოლო მეორე სიდიდე დადგენილი იქნა ექსპერიმენტების სერიის შედეგების საფუძველზე. ექსპერიმენტები ზემოაღნიშნული ქვიშების მაგნიტური სეპარაციის რეჟიმის დასადგენად ჩატარდა სეპარატორის დოლის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვისა და მაგნიტური ფრაქციის გადაწმენდების სხვადასხვა რაოდენობის პირობებში. შედეგები მოცემულია ცხრილებში 2 და 3.

ცხრილი 2

მაგნიტური სეპარატორის ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობის დადგენა

N	ბრუნთა რიცხვი, ბრ/წთ	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ის (საერთო) მასური წილი, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ის განაწილება ფრაქციებს შორის, %
1	30	მაგნიტური	41.5	10.03	53.84
		არამაგნიტური	58.5	6.1	46.16
		საწყისი	100	7.73	100
2	60	მაგნიტური	37.4	12.53	64.50
		არამაგნიტური	62.6	4.12	35.50
		საწყისი	100	7.265	100
3	90	მაგნიტური	34.3	12.47	54.71
		არამაგნიტური	65.7	5.99	45.29
		საწყისი	100	7.818	100

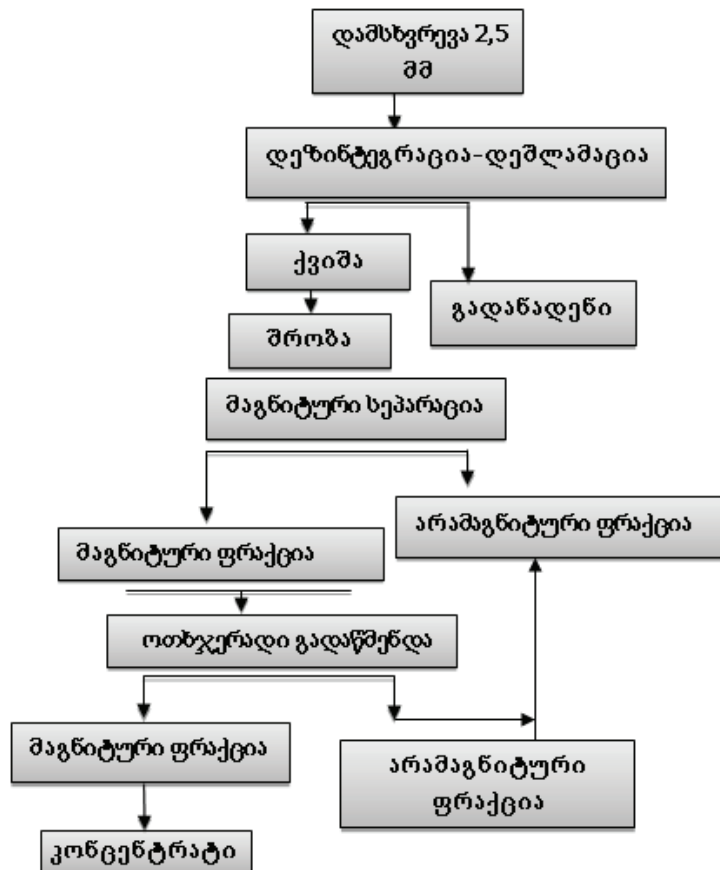
ცხრილი 2-ის მონაცემების თანახმად, შედარებით მაღალი შედეგების მიღება შესაძლებელია იმ პირობებში, როცა სეპარატორის ლილვაკების ბრუნთა რიცხვი წუთში

უდრის 60-ს მაგნიტური ფრაქციის ანუ კონცენტრატის გამოსავალი შეადგენს 37,4 %-ს, რკინის ოქსიდის შემცველობა 12,53 %-ს, მისი ამოკრეფა 64,5 %.

მაგნიტური ფრაქციის გადაწმენდითი ოპერაციების გავლენა კონცენტრატის ხარისხზე

N	გადაწმენდის რაოდენობა	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ის (საერთო) მასური წილი, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ის განაწილება ფრაქციებს შორის, %
1	2	მაგნიტური	37.4	12.53	64.50
		არამაგნიტური	62.6	4.12	35.50
		საწყისი	100	7.265	100
2	4	მაგნიტური	32.26	13.16	57.60
		არამაგნიტური	67.74	4.613	42.40
		საწყისი	100	7.37	100
3	6	მაგნიტური	32.18	13.20	57.71
		არამაგნიტური	67.82	4.59	42.29
		საწყისი	100	7.36	100

ცხრილის მონაცემების თანახმად, ოთხჯერადი გადაწმენდის შედეგად მიიღება კონცენტრატი, რკინის ოქსიდის შემცველობით 13.16%. გადაწმენდითი ოპერაციების რაოდენობის ზრდა ამ მაჩვენებელს უმნიშვნელოდ ცვლის.



ნახ. 2. გამდიდრების სარეკომენდაციო სქემა



გლაუკონიტის შემცველი ნედლეულის გამდიდრების შედეგები

პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი, %		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ის მასური წილი, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ის განაწილება პროდუქტებში	
	ოპერაციიდან	ნედლეულიდან		ოპერაციიდან	ნედლეულიდან
მაგნიტური ფრაქცია (კონცენტრატი)	32,26	18,23	13,16	57,6	37,53
არამაგნიტური ფრაქცია (კუდები)	67,74	38,27	4,61	42,40	27,62
-0,63+0,08 მმ	100,0	56,50	7,37	100,00	35,15
დეშლამაციის გადანადენი (შლამები) -0,08+0მმ	43,5	43,50	5,12	34,85	34,85
საწყისი		100	6,39		100

ამრიგად შემუშავდა გლაუკონიტის შემცველი ნედლეულის გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც აერთიანებს ოპერაციებს: ნედლეულის დამსხვრევა -2,5 მმ-დე, დეზინტეგრაცია-დეშლამაცია, ქვიშური ფრაქციის შრობა და მაგნიტური სეპარაცია, უხეში კონცენტრატის /მაგნიტური ფრაქციის/ ოთხჯერადი გადაწმენა.

**ლიტერატურა**

1. Андронов С.А. Глауконит – минерал будущего. Мат. первой Международ. конф. «Значение промышленных минералов в мировой экономике: месторождения, технология, экономическая оценка». ГЕОС, Москва. 2006. 79-83 с.
2. Рудмин М.А. О возможности использования в сельском хозяйстве глауконита из пород Бакчарского месторождения. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. Т. 327. № 11, 2016. 6–16 с.

**ШЕКРИЛАДZE Н. Ш, ШЕКИЛАДZE А. И., КAVTEЛAШВИЛИ О. А., BАГНАШВИЛИ М.Г., САМХАРАДZE И.Ш. МАГЛАКЕЛИДZE С. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ ГУМБРИЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОБОГАТИМОСТЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА**

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены результаты изучения на обогатимость глауконитсодержащих песков Гумбрийского месторождения (гумбрин), учитывая вещественный состав и текстурно-структурные особенности пробы, в качестве метода обогащения выбрана магнитная сепарация. Разработанная технологическая схема обогащения позволяет получить из 1 т сырья 182 кг концентрата с содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 13,26 %.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** обогащение; концентрат; магнитная сепарация; глауконит.

გუმბრის საბადოს გლაუკონიტური ქვიშაქვების გადამუშავების რეკომენდებული ტექნოლოგიური სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 2. გამდიდრების შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.

ამრიგად, გამდიდრების რეკომენდებული სქემის მიხედვით 1 ტონა მადნიდან მიიღება 182 კგ კონცენტრატი Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის შემცველობით 13.16 %.

3. Rudmin M. A. Economic potential of glauconitic rocks in Bakchar deposit (S-E Western Siberia) for alternate potash fertilizer /Applied Clay Science . 2017 . Vol. 150 . pp . 225-233.
4. Rudmin M. A. Compositional variation of glauconites in Upper Cretaceous-Paleogene sedimentary iron-ore deposits in Southeastern Western Siberia Sedimentary Geology. Vol. 355, 2017. pp. 20-30 .
5. <https://en.calameo.com/read/006605473ebc72ef22d8e>. Глауконит. Производство и применение в качестве удобрений.

**SHEKILADZE A., KAVTELASHVILI O., BAGNASHVILI M., SAMKHARADZE I., MAGHLAKELIDZE S. A STUDY OF GLAUCONITE CONTAINING SANDS OF GUMBRI DEPOSIT ON THE ENRICHMENT FOR OBTAINING CONCENTRATE**

**ANNOTATION.** The article presents the results of studies on the enrichment of glauconite containing sands of the Gumbri deposit (gumbrine). Taking into account the material composition and textural-structural features of the sample, the magnetic separation has been chosen as the enrichment method. The developed technological scheme of enrichment enables to obtain 182 kg of concentrate from 1 ton of raw materials with a content of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 13.26 %.

**KEY WORDS:** enrichment; concentrate; magnetic separation

ტენ. მეცნ. დოქტ., პროფ. ლ. მახარაძე, ა. შარიქაძე, ს. სტერიაკოვა

**ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს ჰიდროაერონარევის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხი**

*ანოტაცია. ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენში მისი განივკვეთის გადამკეტი ორგანოს მეშვეობით უეცარი გადაკეტვით წარმოქმნილი ჰიდრავლიკური დარტყმისა და მოწყვეტის ზონის წარმოქმნისას ამ ზონაში დროის მიხედვით ფიქსირდება წნევის ცვალებადობა წნევის ტენზომეტრული გადამწოდით. ერთდროულად ამ ზონის მიღმა არეში სიჩქარის ტენზომეტრული გადამწოდის მუშა ორგანოს მეშვეობით იზომება მოწყვეტილი ნაკადის სიჩქარე და მყისიერად ფიქსირდება მიმართულების ცვალებადობა. ტენზომეტრულ გადამწოდებში აღძრული ელექტრული სიგნალები ძლიერდება გამაძლიერებელში და გადაეცემა მიკროპროცესორს, გადაამუშავებს შემდეგ კი - კომპიუტერს, რომელშიც ხდება მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაანგარიშება და საბოლოო მნიშვნელობის დემონსტრირება მეორად გამზომ ხელსაწყოზე.*

*საკვანძო სიტყვები: ჰიდროსატრანსპორტო სისტემა; სადაწნეო მილსადენი; ჰიდრავლიკური დარტყმა; ნაკადის მოწყვეტა; მოწყვეტის ზონა; ტენზომეტრული გადამწოდი; ნაკადის სიჩქარე; ელექტრული სიგნალი; სიგნალის გამაძლიერებელი; ზონის მოცულობა.*

ნაშრომში განხილული საკითხი განეკუთვნება მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემების (პულსადენების, წყალსადენების, ნავთობსადენების) დარგს, კერძოდ ამ სისტემების სადაწნეო მილსადენებში ჰიდრავლიკური დარტყმების დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხს. ასეთ პროცესს აღნიშნულ სისტემებში ძირითადად ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც ხდება სატუმბო სადგურებზე სადაწნეო მილსადენზე დამონტაჟებული უკუსარქველის უეცარი დაკეტვისას განსაკუთრებულ შემთხვევებში. განსაკუთრებით კი თუ რაიმე შემთხვევაში მოხდა მისი უეცარი დაკეტვა უკუსაკადის წარმოქმნისაგან. ასეთ შემთხვევებს კი ძალზე ხშირად აქვს ადგილი, როდესაც ისინი ფუნქციონირებენ რთულ სამრეწველო პირობებში, ანუ მთელ სისტემას აქვს რთული გეოლოგიური პროფილი. ამ საკითხის შესწავლას მრეწველობის მრავალ დარგში ძალზე დიდი ადგილი აქვს დათმობილი გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტში [1 – 5]. ამდენად მისი დეტალურად გამოვლენა არ მიგვაჩნია მიზანშეწონილად. აქ მხოლოდ დაწვრილებით იქნება განხილული ზემოთ აღნიშნული სისტემების სადაწნეო მილსადენებში ჰიდრავლიკური დარტყმების დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვა. ამ მოცულობის მნიშვნელობის განსაზღვრა აუცილებელია, რათა ეფექტურად განხორციელდეს მოწყვეტის ზონის ლიკვიდაცია და შესაბამისად თავიდან იქნეს აცილებული ჰიდრავლიკური დარტყმების წარმოქმნა გაწყვეტილი ნაკადების ურთიერთშეჯახებით ან უკუსაკადის მილსადენის განივკვეთის გადამკეტ ელემენტთან შეჯახებით.

სადაწნეო მილსადენებში კონკრეტულ ჰიდროდინამიკურ პარამეტრებზე დამოკიდებულებით, ჰიდრავლიკური დარტყმა შეიძლება წარმოიქმნას წნევის მატებით, როდესაც დაცულია პირობა

$$a\rho v_0 < P_0, \quad (1)$$

სადაც  $a$  - მილსადენში ტრანსპორტირებულ თხევად მასაში ტალღის გავრცელების სიჩქარე, მ/წმ;  $\rho$  - მილსადენში ტრანსპორტირებული თხევადი მასის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;  $v_0$  - მილსადენში ტრანსპორტირებული თხევადი მასის მოძრაობის სიჩქარე დამყარებული რეჟიმის დროს, მ/წმ;  $P_0$  - მილსადენში ტრანსპორტირებული თხევადი მასის წნევა დამყარებული რეჟიმის დროს, კგ/სმ<sup>2</sup>.

იგივე პირობებისათვის ჰიდრავლიკური დარტყმა შეიძლება წარმოიქმნას წნევის კლებით, როდესაც დაცულია პირობა

$$a\rho v_0 > P_0. \quad (2)$$

ამ ორი შემთხვევიდან განსაკუთრებით საშიშია მეორე, რადგან ასეთ დროს, როგორც წესი, მილსადენში წნევა ეცემა ატმოსფერულ წნევაზე ქვემოთ და ჰიდრავლიკური დარტყმის წარმოქმნის განივკვეთში (მილსადენის განივკვეთის გადამკეტი ელემენტით სწრაფად გადაკეტვის ადგილას) ხდება ნაკადის გაწყვეტა (მილსადენის განივკვეთის გადამკეტი ელემენტისაგან მოწყვეტა) - ნაკადის მთლიანობის დარღვევა. ასეთ შემთხვევაში მოწყვეტილი ნაკადი თავდაპირველად გარკვეული სიჩქარით განაგრძობს მოძრაობას იმავე მიმართულებით, რა მიმართულებითაც მოძრაობდა დამყარებული რეჟიმის დროს, შემდეგ იგი ჩერდება და იწყებს მოძრაობას საწინააღმდეგო მიმართულებით, მოწყვეტის ზონისაკენ. მილსადენის განივკვეთის გადამკეტ ელემენტთან - უკუსარქველთან შეჯახებისას წარმოიქმნება ჰიდრავლიკური დარტყმა და წნევის უეცარი მნიშვნელოვანი გაზრდა. თუ მილსადენის განივკვეთის გადამკეტ ელემენტთან შეჯახებამდე მოხდა ამ უკანასკნელის გაღება, შეიძლება ერთმანეთს შეეჯახოს შემხვედრი ნაკადები და უფრო მნიშვნელოვნად იმატოს წნევამ - შემხვედრი ნაკადების ურთიერთშეჯახებით წარმოიქმნას ჰიდრავლიკური დარტყმა.

ამ არასასურველი პროცესის თავიდან აცილების ეფექტური ხერხია უკუსაკადის მეშვეობით მილსადენის განივკვეთის გადამკეტ ელემენტთან შეჯახებამდე სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის (ამ ზონას ხშირად კავიტაციის ზონის ან გაუხშობის არესაც უწოდებენ) შევსება სითხით (წვეთოვანი ან გაზისებრით). წვეთოვანი სითხეებით (მაგალითად, წყლით) მოწყვეტის ზონის სწრაფად შევსებისას მცირდება უკუსაკადის (გადამკეტი ელემენტიდან მოწყვეტილი ნაკადის) სიჩქარე და, შესაბამისად, წნევის უეცარი მატების წარმოქმნის საშიშროება. ამ ზონის მთელი მოცულობის სწრაფად

შევსებით კი შესაძლებელია საერთოდ ლიკვიდირებული იქნეს ჰიდრავლიკური დარტყმის წარმოქმნის საშიშროება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ძალზე დიდ მნიშვნელობა ენიჭება სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის განსაზღვრას, რათა შესაბამისად, დიდი სიზუსტით განისაზღვროს ამ ზონაში შეშვებული სითხის მოცულობა. ამ მიზნისათვის ყველაზე მარტივ და საიმედო მოწყობილობას წარმოადგენს პნევმოჰიდრავლიკური აკუმულიატორი, რომლის მოქმედება სინქრონიზებული უნდა იყოს მილსადენ მაგისტრალში მოწყვეტის ზონის წარმოქმნასთან, რათა მასში დაუყოვნებლივ მოხდეს ჰიდრავლიკური დარტყმის წარმოქმნის თავიდან აცილებისათვის საჭირო აუცილებელი სითხის რაოდენობა.

მოწყვეტის ზონის შესავსებად შეიძლება გამოყენებული იქნეს აგრეთვე გაზისებრი სითხეები (როგორც წესი, ჰაერი) ან წვეთოვანი (წყლის) და გაზისებრი (ჰაერის) სითხეების ჰიდროაერონარევი - ასეთ შემთხვევაში ეფექტი რამდენადმე ნაკლებია.

დღესდღეობით არ არსებობს სადაწნეო მილსადენებში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის რამდენადმე საიმედო ხერხი ან სხვა რაიმე თეორიული მეთოდიკა, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელი იქნება მისი თეორიული გზით გაანგარიშება. ეს ფაქტი კი მნიშვნელოვნად ამცირებს სადაწნეო მილსადენებში სითხის ნაკადის გაწყვეტისა და სითხის შემხვედრი ნაკადების ურთიერთშეჯახების შედეგად ჰიდრავლიკური დარტყმის წარმოქმნის თავიდან აცილების საიმედოობას.

მოწყვეტის ზონის მოცულობის განსაზღვრას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან სითხის ნაკადის მოწყვეტის მანძილზე ბევრად არის დამოკიდებული ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს წნევის ნაზარდის მნიშვნელობა, ვინაიდან იგი პირდაპირ გავლენას ახდენს მოწყვეტილი ნაკადის უკუმიმართულებით მოძრაობის სიჩქარის განვითარებაზე. ამავე პარამეტრზე დიდ მნიშვნელობას ახდენს აგრეთვე მილსადენის პროფილი და დიამეტრი, სითხის ნაკადის საწყისი (დამყარებული რეჟიმის დროს) სიჩქარე, სითხის ან მილსადენში ტრანსპორტირებული ჰიდრო და ჰიდროაერონარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.

ცნობილია ჰიდროსატრანსპორტო სისტემების მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის დადგენის ხერხი, რომლის განხორციელება ხდება გამჭვირვალე მილში მოწყვეტის ზონის აჩქარებული კადრებით კინოფირზე დაფიქსირებით [6].

ეს ხერხი არაზუსტი და არასაიმედოა რადგან:

ა) მისი რეალურად განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ გამჭვირვალე მინის მილებში, რომელთა დიამეტრი და კედლის სისქე დამზადების ტექნოლოგიების სირთულის გამო ძალზე შეზღუდულია;

ბ) მოწყვეტის ერთეული კავიტაციური ბუშტულების მოუწესრიგებლად გაფანტვის გამო, პრაქტიკულად შეუძლებელია მოწყვეტის ზონის დიდი სიზუსტით დადგენა;

გ) მოწყვეტის ზონაში (დაბალი წნევის - გაუხშობულ არეში) კავიტაციური მოვლენის (წნევის დაცემას ნაჯერი ორთქლის წნევაზე დაბლა) განვითარების ძალზე მრავალფეროვნების გამო პრაქტიკულად შეუძლებელია ორჯერ და მეტად ერთი და იმავე სურათის მიღება

(ფიქსირება) კინოფირზე გადაღებისას;

დ) არ ითვალისწინებს წნევისა და სიჩქარის (მილსადენში ტრანსპორტირებული სითხის ჰიდროდინამიკური პარამეტრების) ფიქსირებას (გაზომვას), რაც არ იძლევა პროცესის სრული გაანალიზების საშუალებას;

ე) ხერხის წარმატებით განხორციელებისათვის აუცილებელი პირობაა არა მხოლოდ მილის დამზადება გამჭვირვალე მინისაგან, არამედ მასში ტრანსპორტირებული სითხეც აუცილებელია იყოს გამჭვირვალე ისეთი ჰიდროაერონარევის (წყალი+ჰაერი+მყარი ფხვიერი მასალა) ტრანსპორტირებისას, როდესაც შესაძლებელია მილსადენის კედლების შეფერილობის შეცვლა, ხერხის განხორციელება შეუძლებელია, ანუ მილსადენის შიგნით რაიმე პროცესის ფიქსირება კინოფირზე.

ცნობილია სადაწნეო მილსადენში ჰიდროაერონარევის დაუმყარებელი ნაკადის პარამეტრების გაზომვის ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს წნევის მყისიერი ცვლადობის ფიქსირებას უშუალოდ შემამფოთებელი იმპულსის წარმოქმნის ზონაში [7], რომლის უარყოფითი მხარეებია:

ა) მხოლოდ წნევის დროის მიხედვით ცვალებადობის ფიქსირება არ იძლევა საშუალებას განისაზღვროს სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობა, რისთვისაც აუცილებელი პირობაა დროის მიხედვით მილსადენის გადაკეტვის შედეგად წარმოქმნილი ნაკადის მნიშვნელობის ფიქსირება, როგორც პირდაპირი, ასევე უკუმიმართულებით;

ბ) ჰიდროდინამიკური პარამეტრის - სითხის ნაკადის როგორც პირდაპირი, ისე უკუნაყადის სიჩქარის ფიქსირება შეუძლებელია შემამფოთებელი იმპულსის წარმოქმნის მილსადენის განივკვეთის გადაკეტვის, ანუ სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონაში, რადგან იგი წარმოადგენს კავიტაციის (გაუხშობის) სივრცეს, რომელიც შევსებულია არა სითხით, არამედ დაბალი (ატმოსფერულზე ნაკლები) წნევის ქვეშ მყოფი ჰაერის ბუშტულებით.

ნაშრომში განხილული ხერხი საშუალებას იძლევა აღმოფხვრილ იქნეს უახლოეს პროტოტიპებისათვის ზემოთ განხილული ნაკლოვანებები და მაქსიმალურად გაიზარდოს ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენებში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს ჰიდროაერონარევის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხის სიზუსტე, რაც მიიღწევა სადაწნეო მილსადენში მოწყვეტის ზონაში წნევის დროის მიხედვით ცვალებადობის ფიქსირებასთან ერთდროულად, მოწყვეტის ზონის მიღმა არეში ხდება მოწყვეტილი ნაკადის სიჩქარის მყისიერი ცვალებადობის ფიქსირება მილსადენის შიგა დიამეტრის მუდმივობის პირობებში. ამ უკანასკნელი პირობის დაცვა აუცილებელია გაზომვის მაქსიმალური სიზუსტის მისაღწევად.

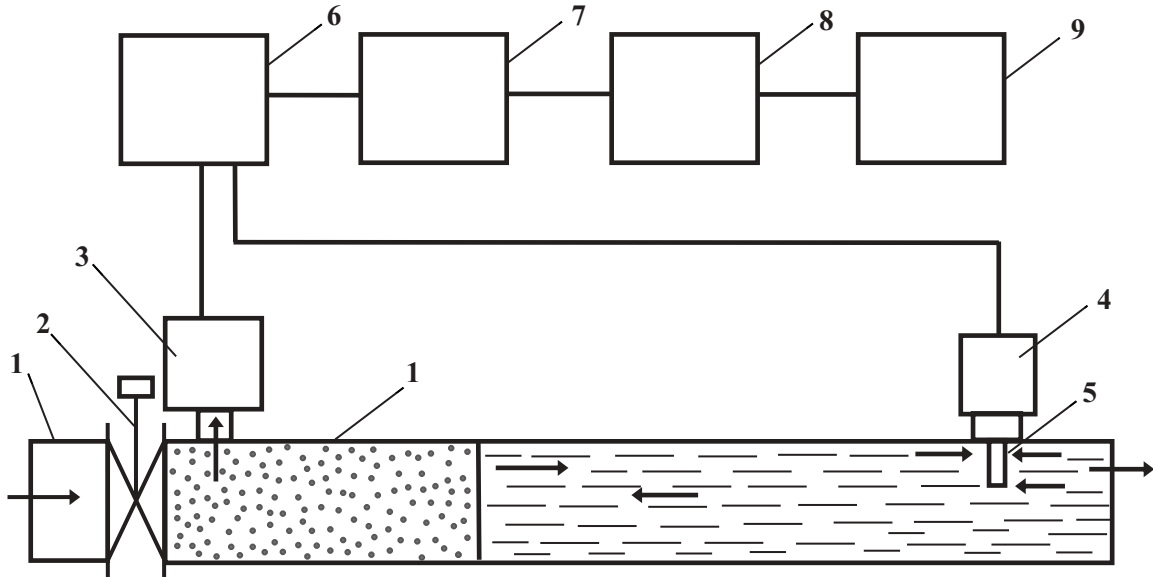
ნახაზზე 1 მოცემულია ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს ჰიდროაერონარევის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხის სქემა [8].

ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს ჰიდროაერონარევის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხის განხორციელების სქემა მოცემულია ნახაზზე 1, რომელზეც ცალკეული

ელემენტები და კვანძები შემდგენიარად არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული. იგი შედგება მილსადენისაგან 1, რომელზეც დამონტაჟებულია მისი განივკვეთის გადამკეტი ორგანო - უკუსარქველი 2, აგრეთვე წნევის ტენზომეტრული გადამწოდი 3 და სიჩქარის ტენზომეტრული გადამწოდი 4 მუშა ორგანოთი 5, რომელშიც აღმრული ელექტრული სიგნალების გაძლიერება ხდება გამძლიერებელში 6 და გადაეცემა მიკროპროცესორს 7, გადამუშავების შემდეგ

კი კომპიუტერს 8, რომელშიც მოხდება მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაანგარიშება და მისი საბოლოო მნიშვნელობის დემონსტრირება გამზომ (მეორად) ხელსაწყოზე 9.

სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხი ითვალისწინებს, რომ სადაწნეო მილსადენში 1, მისი განივკვეთის გადამკეტი ორგანოს 2 მეშვეობით სწრაფი



ნახ. 1. ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის დროს ჰიდროაერონარევის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხი: 1 - სადაწნეო მილსადენი; 2 - სადაწნეო მილსადენის განივკვეთის გადამკეტი ორგანო (უკუსარქველი); 3 - წნევის ტენზომეტრული გადამწოდი; 4 - სითხის ნაკადის სიჩქარის ტენზომეტრული გადამწოდი; 5 - სიჩქარის ტენზომეტრული გადამწოდის მუშა ორგანო; 6 - გამძლიერებელი; 7 - მიკროპროცესორი; 8 - კომპიუტერი; 9 - გამზომი ხელსაწყო

გადაკეტვით, წარმოიქმნება ჰიდრავლიკური დარტყმა, მილსადენის გადაკეტვის განივკვეთში აუცილებელია დაცული იქნეს პირობა (2), რათა ჰიდრავლიკური დარტყმა წარმოიქმნას წნევის კლებით და მოხდეს გადამკეტი ორგანოდან 2 ნაკადის მოწყვეტის (გაუხშობის, კავიტაციის ზონის) ფორმირება. ამ ზონაში დროის მიხედვით წნევის ცვალებადობა ფიქსირდება წნევის ტენზომეტრული გადამწოდით 3. მილსადენის გადამკეტ ორგანოსთან 2 მოწყვეტის მომენტში სითხის ნაკადი თავდაპირველად განაგრძობს მოძრაობას საწყისი მიმართულებით (დამყარებული რეჟიმის დროს მოძრაობის მიმართულებით) გარკვეული სიჩქარით, რომლის მყისიერი მნიშვნელობის ფიქსირება დროის მიხედვით ცვალებადობის ფიქსირებასთან ერთად, ხდება სიჩქარის ტენზომეტრული გადამწოდის 4 მუშა ორგანოთი 5, რომელიც უშუალოდ სითხის ნაკადშია განთავსებული, მილსადენში სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მიღმა არეში. წნევის და სიჩქარის ზემოქმედება გამოიწვევს შესაბამის გადამწოდებში ტენზოწინალობების დეფორმაციას, რის შედეგადაც მათში წარმოიქმნება ელექტრული სიგნალები, რომელთა გაძლიერება ხდება გამძლიერებელში 6. გაძლიერებული ელექტრული სიგნალები მიეწოდება მიკროპროცესორს 7, რომელშიც ელექტრული სიგნალები გარდაიქმნება ციფრულად.

მიღებული შედეგები გადაეცემა კომპიუტერს 8, რომელშიც წინასწარ შეყვანილი პროგრამის მიხედვით გაიანგარიშება საჭირო პარამეტრი - სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობა. გაანგარიშების შედეგი მიეწოდება გამზომ ხელსაწყოს 9, რომლის სკალა წინასწარ არის დაგრაფირებული სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის მნიშვნელობების შესაბამისად, რომელიც გამოითვლება დამოკიდებულებით

$$W_{\text{გ.ზ.}} = \frac{\pi D^2}{4} tV, \quad (3)$$

სადაც  $W_{\text{გ.ზ.}}$  არის მილსადენში მოძრავი სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობა, მ<sup>3</sup>;  $D$  - სადაწნეო მილსადენი მაგისტრალის დიამეტრი, მ;  $t$  - მოწყვეტის ზონის არსებობის ხანგრძლივობა, ანუ დროის, რომლის განმავლობაში სითხის მოწყვეტილი ნაკადი განაგრძობს მოძრაობას საწყისი მიმართულებით, წმ;  $V$  - სითხის ნაკადის საწყისი მიმართულებით მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ.

საშრომში განხილული ხერხის ეფექტურად განხორციელებისათვის, ანუ სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის დიდი სიზუსტით გაანგარიშებისათვის აუცილებელია წნევის ტენზოგადამწოდს მყისიერად შეეძლოს

მოწყვეტის ზონაში გაუხშობის მნიშვნელობის დროის მიხედვით ფიქსირება; სიჩქარის ტენზოგადამწოდს ასევე მყისიერად შეეძლოს სითხის ნაკადის მილსადენის მოძრაობის სიჩქარის მნიშვნელობის დროის მიხედვით ფიქსირება როგორც პირდაპირი, ისე უკუმიმართულებით; მილსადენის შიგა დიამეტრი ტენზომეტრული გადაწოდების მილსადენზე განთავსების მთელ სიგრძეზე იყოს ერთნაირი.

ჩვენს მიერ დამუშავებულია ამგვარი გადაწოდების კონსტრუქციები, რომლებიც აბსოლუტურად უინერციოა, გააჩნიათ წრფივი მახასიათებლები და ამრიგად სიზუსტით მყისიერად აფიქსირებენ წნევისა და სიჩქარის მყისიერ მნიშვნელობებს დაუმყარებელი ნაკადის დროს. წნევის ტენზომეტრულ გადაწოდს შეუძლია ერთნაირი ეფექტურობით მოახდინოს როგორც გაუხშობის (ატმოსფერული დაბალი წნევის-ვაკუუმის), ისე ჭარბი წნევის დაფიქსირება, ხოლო სიჩქარის ტენზომეტრულ გადაწოდს შეუძლია სიჩქარის მყისიერი მნიშვნელობის დაფიქსირება ნაკადის მოძრაობის მიმართულების შეცვლის შემთხვევაშიც.

წინასწარი კვლევებით დადგენილია, რომ სადაწნეო მილსადენში ჰიდრაულიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონით სიგრძის მაქსიმალური მნიშვნელობა, მილსადენის დიამეტრისა და სიგრძის მასში ტრანსპორტირებული სითხის ჰიდროდინამიკურ პარამეტრებზე დამოკიდებულებით, არ აღემატება რამდენიმე მეტრს. ამდენად, ხერხის სიზუსტის მაქსი-

#### ლიტერატურა

1. Махарадзе Л.И., Кирмелашвили Г.И. Нестационарные процессы в напорных гидротранспортных системах и защита от гидравлических ударов. Мецниереба, Тбилиси, 1986. 152 с.
2. Махарадзе Л.И., Кирмелашвили Г.И. Гидравлический удар в трубопроводах при транспортировании многофазных гидросмесей. Мецниереба, Тбилиси, 1997. 232 с.
3. Руководство по защите напорных гидротранспортных систем от гидравлических ударов ВСН 01-81 (составитель Л.И. Махарадзе). Тбилиси, Мецниереба, 1981. 151 с.
4. Махарадзе Л.И. Защита гидротранспортных систем от гидравлических ударов. Москва, Стройиздат, Мецниереба, Тбилиси, 1996. 150 с.
5. Махарадзе Л.И. Классификация и анализ напорных многоступенчатых гидротранспортных

#### MAKHARADZE L., SHARIKADZE A., STERIAKOVA S. METHOD FOR MEASURING THE VOLUME OF THE HYDROAIR FLOW INTERRUPTION ZONE DURING HYDRAULIC IMPACT IN THE PRESSURE PIPELINE OF THE HYDRAULIC TRANSPORT SYSTEM

**ANNOTATION.** When a hydraulic shock and disconnection zone is generated in the pressure pipeline of a hydraulic transport system by means of its cross-section blocking body, pressure variability is observed in this zone over time by a pressure tensometric transmitter. Simultaneously, in the area beyond this zone, through the

მაღურად გაზრდისათვის სიჩქარის ტენზომეტრული გადაწოდის აუცილებლად უნდა განთავსდეს მოწყვეტის ზონის მიღმა, რათა არ მოხდეს გაუხშობის ზონაში, სადაც არ ხდება სითხის გადაადგილება. ამ გადაწოდს სიჩქარის მყისიერი მნიშვნელობის ფიქსირება შეუძლია მხოლოდ სითხის ნაკადთან უშუალო ზემოქმედებისას (კონტაქტისას). ამ ზონის მიღმა მისი განთავსების ადგილის ზუსტად განსაზღვრას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. აუცილებელია, რომ მილსადენის შიგა დიამეტრი ზუსტად იგივე იყოს, რაც ნაკადის მოწყვეტის ზონაში, რათა სიჩქარის მყისიერი მნიშვნელობები ერთი და იგივე იყოს.

გაზომვის სიზუსტის გაზრდისათვის აუცილებელი პირობაა აგრეთვე მიკროპროცესორის 7 სქემის შედგენა, რათა მას შეეძლოს სითხის ნაკადის წნევისა და სიჩქარის მყისიერი მნიშვნელობების იდენტიფიკაცია და ელექტრული სიგნალის ციფრულად გარდაქმნა.

ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის სადაწნეო მილსადენებში ჰიდრაულიკურ დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის მაქსიმალური სიზუსტით განსაზღვრას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რითაც ამ პარამეტრზე დამოკიდებულებით რაციონალურად განხორციელდეს შესაბამისი ღონისძიებები და თავიდან იქნეს აცილებული ჰიდრაულიკური დარტყმების წარმოქმნა მასთან დაკავშირებული უარყოფითი შედეგებით.

- систем, функционирующих в горнорудной и строительной промышленности. Сборник «Горная электромеханика и транспорт». Мецниереба, Тбилиси, 1987. с. 13-22.
6. Смирнов Д.Н., Зубов Л.Б. Гидравлический удар в напорных водоводах. Стройиздат, Москва, 1975. 125 с.
  7. მახარაძე ლ., ხატიაშვილი კ., შარიქაძე ა. ჰიდრონარევის დაუმყარებელი ნაკადის სიმკვრივისა და მასში მყარი ნაწილაკების კონცენტრაციის გაზომვის ხერხი. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრის „საქპატენტის“ პატენტი P 3901. თბილისი, 2004.
  8. მახარაძე ლ., ხატიაშვილი კ., შარიქაძე ა. სადაწნეო მილსადენში ჰიდრაულიკური დარტყმის დროს სითხის ნაკადის მოწყვეტის ზონის მოცულობის გაზომვის ხერხი. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრის „საქპატენტის“ პატენტი P4450. თბილისი, 2006.

working body of the speedometer transmitter, the torn flow velocity is measured and the directional variability is instantly recorded. The electrical signals generated in the tensometric transmitters are amplified in the amplifier and transmitted to the microprocessor, and after processing - to the computer, where the volume of the disconnection zone is calculated and the final value is demonstrated on a secondary measuring device.

**KEY WORDS:** hydraulic transport system; pressure pipeline; hydraulic shock; cut off flow; disconnection zone; tensometric transmitter; flow velocity; electrical signal; signal amplifier; zone volume.

**МАХАРАДЗЕ Л.И., ШАРИКАДЗЕ А.Т., СТЕРЯКОВА С.И.  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗОНЫ ОТРЫВА  
ГИДРОАЭРОПОТОКА В НАПОРНОМ  
ТРУБОПРОВОДЕ ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ  
СИСТЕМЫ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ**

**АННОТАЦИЯ.** Определение объема зоны отрыва гидроаэропотока в напорном трубопроводе гидротранспортной системы при гидравлическом ударе, возникшего в результате внезапного перекрытия поперечного сечения трубопровода и образования зоны отрыва, в этой зоне изменение давления во времени фиксируется тензометрическим датчиком давления. Одновременно за этой зоны посредством рабочего органа тензометрического датчика

происходит определение скорости оторванного потока и одновременно происходит фиксация изменения направления. В усилителях происходит усиление сигналов, возникших в тензометрических датчиках, и их передача микропроцессору, а после переработки – компьютеру, в котором происходит определение объема зоны отрыва и демонстрация последних значений на вторичном измерительном устройстве.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гидротранспортная система; напорный трубопровод; гидравлический удар; отрыв потока; зона отрыва; тензометрический датчик; скорость потока; электрический сигнал; усилитель сигнала; объем зоны.

უკ 622.648

ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი ლ. მახარაძე,  
ტექნ. მეცნ. დოქტორი ლ. გავაშელი, ს. სტერიაკოვა

ტენზოელექტრული მანომეტრი სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში  
წნევების გასაზომად

*ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ტენზოელექტრული მანომეტრი სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში წნევების გაზომვისთვის, რომელიც შეიცავს მაღალი სიბლანტის მქონე სითხით შევსებული ჭიქის სახის ტენზომეტრულ მუშა ორგანოს, მასთან დაკავშირებულ ბოგურ სქემას და მაღალი სიბლანტის წნევის მასტაბილიზებელ გენერატორს, რომელიც განსხვავდება იმით, რომ მუშა ორგანოს მგრძობიარე ელემენტები - ტენზოწინააღმდეგობები ელექტრული სქემის მეშვეობით მიერთებულია მაღალი სიბლანტის ტრანზისტორებისგან აწყობილ კასკადურ მამლიერებელთან და წნევების შესაბამისად დაგრადუირებულ მეორად ხელსაწყოსთან, მაგალითად, მილიამპერმეტრთან.*

*საკვანძო სიტყვები: ტენზომეტრული მანომეტრი; ჰიდროსატრანსპორტო სისტემა; ბოგური სქემა; მასტაბილიზებელი გენერატორი; ტენზოწინააღმდეგობა; ტრანზისტორი; კასკადური მამლიერებელი; მილიამპერმეტრი.*

**შესავალი**

ნაშრომში განხილული ტენზოელექტრული მანომეტრი განეკუთვნება სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში (ჰულსადენებში, ნავთობსადენებში, ნავთობპროდუქტსადენებში) წნევების საზომ ხელსაწყოს, როდესაც სადაწნეო მილსადენებში ხდება ჰიდროაერონარეგებში - ძირითად მზიდ სითხეებში შერეული სხვადასხვა სახის მყარი ფხვიერი ნაწილაკების გადაადგილება. ასეთ სისტემებში ხშირად ხდება არსებული წნევების გამოხომი ხელსაწყოების-მანომეტრების მუშა ორგანოს ჰიდროაერონარეგებში არსებული მყარი ნაწილაკებით გაჩხურვა, რაც განაპირობებს მათი მწყობრიდან გამოსვლას.

მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემების გამოყენების არის გაზრდასთან ერთად შექმნილია მრავალი ახალი საშუალება ანალოგიურ სისტემებში წნევების გაზომვისათვის, მაგრამ მათ გააჩნია უარყოფითი მხარეები, რაც არ იძლევა საშუალებას სრულყოფილად შესრულდეს მათი დანიშნულება.

ცნობილია მოწყობილობა სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემების სადაწნეო მილსადენებში ჰიდროაერონარეგების გადაადგილებისას ჰიდროდინამიკური წნევების გაზომვისათვის, რომელშიც წნევის გარდამქნელი შესრულებულია ჭიქის ფორმის ტენზომეტრული გადამწოდის სახით, რომელიც განთავსებულია კორპუსში, ხოლო მისი ღრუ შევსებულია დიდი სიბლანტის სითხით [1].

ამგვარი მოწყობილობის უარყოფითი მხარეებია:  
– იგი წარმოადგენს მხოლოდ გადამწოდს და არ შეიძლება მისი საშუალებით წნევის გაზომვა, რადგან არ გააჩნია წნევის იმპულსის ელექტრულ იმპულსად გარდამქნელი და მამლიერებელი მოწყობილობა, აგრეთვე მეორადი ხელსაწყო, რომელიც დააფიქსირებდა დინამიკური პროცესის შესაბამისი წნევის რეალურ მნიშვნელობას;  
– მამლიერებელი და მეორადი ხელსაწყოების აუცილებლობა ძალზე ართულებს ხელსაწყოს გამოყენებას, განსაკუთრებით სამრეწველო და საველე პირებში, აძვირებს მის ღირებულებას და ართულებს ექსპლუატაციას.

ცნობილია აგრეთვე წნევის საზომი მოწყობილობის ელექტრული სქემა [2], რომლის ტევადური მგრძობიარე ელემენტის ელექტროდები მიერთებულია ბოგური სქემის ერთ მხარესთან, რომელიც იკვებება მაღალი სიბლანტის გენერატორის სტაბილიზებული ძაბვით, ბოგურიდან გამოსული ძაბვა ძლიერდება და მიეწოდება ფაზათმგრძობიარე დეტექტორს.

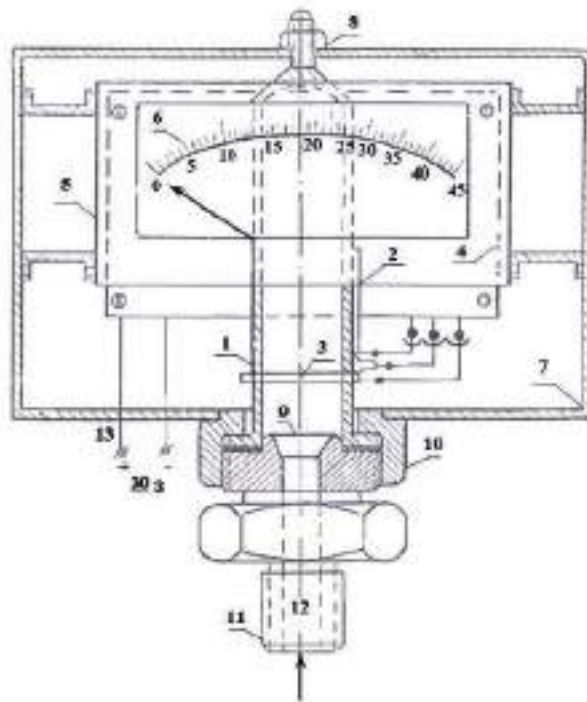
წნევის საზომი მოწყობილობის ამგვარი ელექტრული სქემის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს:

- დინამიკური პროცესების დროს წნევების ცვალებადობის რეალური მნიშვნელობების ფიქსირებისათვის ტევადური მგრძობიარე ელემენტის ელექტროდების გადამწოდების მიზანშეუწონლობა, რადგან სრულად ვერ აღიქვამს წნევის მყისიერ მნიშვნელობებს, არაწრფივი მახასიათებლების გამო, ანუ მას არ გააჩნია ისეთი მუშა ორგანო (გადამწოდი), რომელიც შეძლებდა სადაწნეო მილსადენში დინამიკური პროცესების დროს სატრანსპორტირებელი სითხიდან წნევის მნიშვნელობის სრულად გადაცემას, განსაკუთრებით, თუ იგი შეიცავს მყარ ნაწილაკებს;
- წნევის იმპულსის გაძლიერებისათვის სქემაში გამოყენებულია ელექტრონ მილაკები (ელექტრონული ლამპები), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს გაზომვების სიზუსტეს და ზრდის მოწყობილობის გაბარიტებს, რაც თავის მხრივ, ართულებს გამოყენებისა და ექსპლუატაციის პირობებს;
- ხელსაწყოს ელექტრული სქემა ძალზე რთულია, რაც ამცირებს მის ღირებულებას და ართულებს ექსპლუატაციას. მიუხედავად ამისა, სუსტია გადამწოდიდან მიღებული იმპულსის გაძლიერების ხარისხი, რათა მიღწეული იქნეს მეორად ხელსაწყოში დინამიკური წნევის რეალური მნიშვნელობის დაფიქსირება.

**ძირითადი ნაწილი**

ჩვენს მიერ სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში წნევების გასაზომად შემოთავაზებული ტენზოელექტრული მანომეტრის შემთხვევაში აღმოჩენილია ცნობილი წნევის საზომი ხელსაწყობისათვის დამახასიათებელი უარყოფითი მხარეები, გაზრდილია ეფექტურობა და სიზუსტე, ანუ ხდება სადაწნეო მილსადენში დინამიკური პროცესების დროს მყისიერი წნევების დიდი სიზუსტით გაზომვა, რაც მიიღწევა იმით, რომ მუშა ორგანოს (გადამწოდის) ტენზოწინააღმდეგობებიდან მიღებული ბოგური გაძლიერებული იმპულსის შემდგომი გაძლიერებისათვის გამოიყენება მაღალი სიხშირის ტრანზისტორებით აწყობილი მაძლიერებელი, ხოლო გაძლიერებული სიგნალი რეგისტრირდება მეორადი ხელსაწყოს, მაგალითად მილიამპერმეტრის სკალაზე [3].

შემთავაზებულ ტენზოელექტრონულ მანომეტრში ძირითადი მუშა ორგანო (გადამწოდი) წარმოადგენს დიდი სიბლანტის მქონე სითხით შევსებული ჭიქის ფორმის ტენზომეტრულ გარდამქნელს, რომელსაც დეფორმაციისას გააჩნია წრფივი მახასიათებელი, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს გაზომვების სიზუსტისათვის. მის კედლებს შეუძლია მყისიერად დეფორმირება, სადაწნეო მილსადენში ჰიდროდინამიკური პროცესების (გარდამავალი რეჟიმების, ჰიდრავლიკური დარტყმების)



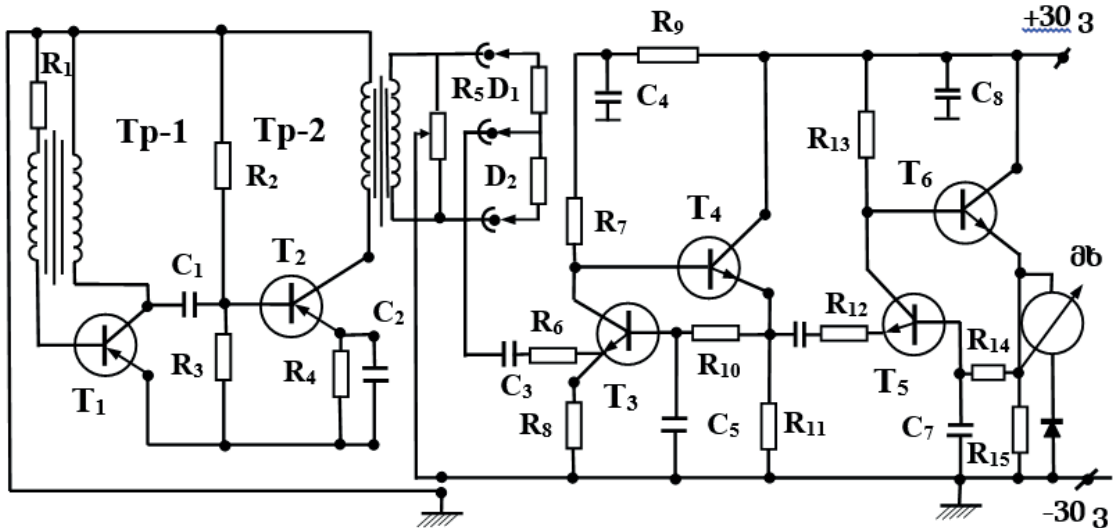
ნახ. 1. სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში წნევების გასაზომი ტენზო-ელექტრული მანომეტრის საერთო კონსტრუქციული შესრულება: 1 - ძირითადი მუშა ორგანო (გადამწოდი) დიდი სიბლანტის მქონე სითხით შევსებული ჭიქის ფორმის ტენზომეტრული გადამწოდი; 2 - მუშა ტენზოწინააღმდეგობა; 3 - ტემპერატურული მაკომპენსირებელი ტენზოწინააღმდეგობა; 4 - ელექტრული სქემა; 5 - მეორადი ხელსაწყო, მაგალითად მილიამპერმეტრი; 6 - სკალა; 7 - მეორადი ხელსაწყოს კორპუსი; 8 - ჭანჭიკი ქანჩით, მუშა ორგანოს (გადამწოდის) კორპუსში დასამაგრებლად; 9 - გადასასვლელი შტუცერი; 10 - შტუცერის ქანჩი; 11 - შტუცერი მანომეტრის სადაწნეო მილსადენზე დასაყენებლად (მილსადენის კედელში ჩასახრახნად); 12 - არხი მილსადენიდან სითხის შესადინებლად ძირითად მუშა ორგანოში - გადამწოდში; 13 - მუდმივი დენის წყარო

დროს წნევების ცვალებადობის შესაბამისად, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მოქმედების საიმედოობას. სიზუსტეს და საიმედოობას ზრდის აგრეთვე ის გარემოებაც, რომ მუშა ორგანოს ტენზო-წინააღმდეგობებში წარმოქმნილი ელექტრული იმპულსის (წნევის ცვალებადობის შესაბამისად მუშა ორგანოს კედლების დეფორმაციისას) გაძლიერება ხდება ორ საფეხურად: პირველი საფეხურის დროს გაძლიერება ხდება ბოგური სქემით, ხოლო მეორე საფეხურში მისი შემდგომი გაძლიერებისათვის გამოიყენება მაღალი სიხშირის ტრანზისტორებით აწყობილი მამლიერებელი. საბოლოოდ, მნიშვნელოვნად გაძლიერებული სიგნალის რეგისტრირება ხდება მეორადი ხელსაწყოს მაგალითად, მილიამპერმეტრის სკალაზე, რომელიც წინასწარ არის დაგრაღირებული წნევების მნიშვნელობების შესაბამისად.

ჩვენს მიერ დამუშავებული ტენზომეტრიული მანომეტრის კონსტრუქციული შესრულება და ელექტრული სქემა საშუალებას იძლევა მილსადენში დინამიკური პროცესების დროს დიდი სიზუსტით მოახდინოს წნევის გაზომვები, მისი მყისიერი ცვალებადობის

წნებისმიერ დიაპაზონში. ამის საშუალებას იძლევა ძირითად მუშა ორგანოდ დიდი სიბლანტის მქონე სითხით შევსებული ჭიქის ფორმის ტენზომეტრული გარდამქმნელის (გადამწოდის) გამოყენება, ხოლო მისი კედლების დეფორმაციის დროს წარმოქმნილი იმპულსის გაძლიერებისათვის - ორი საფეხურის გამოყენება. გადამწოდის ტენზოწინააღმდეგობებიდან მიღებული ბოგური სქემით გაძლიერებული იმპულსის შემდგომი გაძლიერებისათვის გამოიყენება მაღალი სიხშირის ტრანზისტორებით აწყობილი ეფექტური მამლიერებელი, რაც იძლევა მეორადი ხელსაწყოს, მაგალითად, მილიამპერმეტრის სკალაზე, ნიშნულწევრად გაძლიერებული სიგნალის დარეგისტრირების საშუალებას, ანუ მისი მნიშვნელობა ფიქსირდება (წნევის გაზომვა) მილსადენში დინამიკური პროცესის დროს.

ჩვენს მიერ დამუშავებული ტენზოელექტრული მანომეტრის საერთო კონსტრუქციული შესრულება მოცემულია ნახაზზე 1, ხოლო ნახაზზე 2 მოცემულია მისი ელექტრული სქემა. ელექტრული სქემა იკვებება მუდმივი დენის წყაროდან 30 ვოლტი ძაბვით.



ნახ. 2. სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში წნევების გასაზომი ტენზო-ელექტრული მანომეტრის ელექტრული სქემა:  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$  - ტრანზისტორები;  $T_p-1, T_p-2$  - ტრანსფორმატორები;  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$  - კონდენსატორები (ცვლადი ტევადობები);  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}, R_{15}$  - რეზისტორები (ცვლადი წინააღმდეგობები);  $D_1, D_2$  - ტენზოწინააღმდეგობები (ნახ. 1 - ზე შეესაბამება ციფრული აღნიშვნები 2 და 3); მმ - მეორადი ხელსაწყო, მაგალითად მილიამპერმეტრი

მოცემული ნახაზებზე წარმოდგენილი ტენზოელექტრული მანომეტრის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში.

როდესაც სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის მილსადენში (ნახაზზე 1 არ არის ნაჩვენები) წარმოიქმნება დინამიკური პროცესები (გარდამავალი პროცესები სხვადასხვა შემოფოთებებით განპირობებული; პირდაპირი და არაპირდაპირი ჰიდრაულიკური დარტყმები და ა.შ.) მუშა ჰიდროაერონარევი შტუცერში 11, რომლის საშუალებითაც მანომეტრის დაყენება ხდება მილსადენზე, შესრულებული არხით 12 შეედინება მანომეტრის ძირითად მუშა ორგანოში (გადამწოდში) 1, რომელიც წარმოადგენს ჭიქის ფორმის მქონე დიდი

სიბლანტის სითხით შევსებულ გარდამქმნელს და რომლის კედლებზე დაწებებულია მუშა 2 და ტემპერატურის მაკომპენსირებელი ტენზოწინააღმდეგობები 3. წნევის მყისიერი ცვალებადობისას, შესაბამისად მოხდება გადამწოდის 1 კედლებისა ტენზოწინააღმდეგობების 2 და 3 დეფორმაცია. ამ უკანასკნელებში აღიძვრება (წარმოიქმნება) ძალზე სუსტი ელექტრული დენები, რომელთა დაფიქსირება გაძლიერების გარეშე შეუძლებელია რაიმე ხელსაწყოთი. სწორედ ამისთვის არის გათვალისწინებული ელექტრული სქემა, რომელიც ნახაზზე 2 მოცემული. ამ სქემით მანომეტრის ძირითად მუშა ორგანოზე - გადამწოდზე დაწებებული ტენზოწინააღმდეგობების 2 და 3 კვება



განხორციელებულია მაღალი სიხშირის ბლოკინგ-გენერატორით, რომელიც აწყობილია  $T_1$  ტრანზისტორზე. გენერატორი გამოიმუშავებს დაახლოებით 3500 ჰერც სიხშირეს, რაც აუცილებელია ტენზოწინააღმდეგობების ნორმალური მუშაობისათვის. იგი წარმოადგენს აგრეთვე პირველი საფეხურის მაძლიერებლის - ბოგური სქემის მკვებავსაც. სიხშირე, რომლის გაძლიერება ხდება  $T_2$  ტრანზისტორით,  $C_1$  კონდენსატორის  $T_p-2$  ტრანზფორმატორის მეორადი გრაგნილით, მიეწოდება ბოგურ სქემას, რომელშიც ჩართულია ტენზოწინააღმდეგობები  $D_1$  და  $D_2$  (ნახაზზე 1 მათ შესაბამემა პოზიციები 2 და 3), რომლებიც დაწებებულია

### დასკვნა

ტენზოელექტრული მანომეტრის ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ კონსტრუქციულ შესრულებას და ელექტრული სქემას მრავალი უპირატესობა გააჩნია არსებულ საზომ ხელსაწყოებთან შედარებით. უპირველეს ყოვლისა, დღესდღეობით საერთოდ არ არსებობს სადაწნეო მილსადენებში დინამიკური პროცესების დროს წნევის გასაზომი ხელსაწყოები (მანომეტრები). ჩვენს შემთხვევაში ძირითად მუშა ორგანოს (გადამწოდის) ტენზომეტრული გარდამქმნელის კონსტრუქციული შესრულება საშუალებას იძლევა პრაქტიკულად ნებისმიერ დიაპაზონში დიდი სიზუსტით (წრფივი მახასიათებლის გამო) იქნეს გაზომილი წნევები სადაწნეო მილსადენში დინამიკური პროცესების მიმდინარეობის

### ლიტერატურა

1. Махарадзе Л.И. Устройство для измерения гидродинамического давления потока гидросмеси. Описание изобретения G01L11/00. Официальный бюллетень №12. 1980.
2. Агейкин Д.И. и др. Датчики контроля и регули-

**MAKHARADZE L., GAVASHELI L., STERIAKOVA S. TENSORELECTRIC MANOMETER IN PRESSURIZED HYDRAULIC TRANSPORTING SYSTEMS TO MEASURE PRESSURES**

**ANNOTATION.** The article discusses the piezoelectric manometer pressure for measuring pressures in hydraulic transporting systems, which contains a kind of glass filled with high viscosity fluid the piezometric working body, the pipeway scheme associated with it, and high frequency pressure stabilizing generator, which differs in that the sensitive elements of the working body – piezoresistances are connected high through the electrical circuit with a cascading amplifier assembled from frequency transistors and with a secondary tool graded according to pressures, for example, with milliamperometers.

**KEY WORDS:** piezometric manometer, hydrotransporting system, pipeway scheme, stabilizing generator, piezoresistance, transistor, cascading amplifier, milliamperometer.

ძირითად მუშა ორგანოზე 1. ტენზოწინააღმდეგობებში წარმოქმნილი იმპულსი (მცირე ელექტრული დენი) კავშირის კონდენსატორის  $C_2$  საშუალებით მიეწოდება კასკადურ მაძლიერებელს. იგი წარმოადგენს  $T_3$  და  $T_4$  (პირველი კასკადი - საფეხური) და  $T_5$  და  $T_6$  (მეორე კასკადი - საფეხური) ტრანზისტორებზე აწყობილ ორ კასკადს (კასკადების რაოდენობა დამოკიდებულია გაძლიერების კოეფიციენტზე), გაძლიერებული ჯამური იმპულსი (დენის ძალა) მიეწოდება მეორად ხელსაწყო მხ სკალას 6, რომელიც წინასწარ არის დაგრაფირებული სადაწნეო მილსადენში არსებული წნევების მნიშვნელობების შესაბამისად.

დროს. ელექტრული სქემაც ისეთი ელემენტებისგან არის აწყობილი, რომ მათაც აქვთ წრფივი მახასიათებლები, რაც ზრდის გაზომვის ხარისხსა და ხელსაწყო მუშაობის საიმედოობას. ყოველივე ამასთან, მანომეტრის კონსტრუქციული შესრულება მნიშვნელოვნად ამცირებს ხელსაწყო გაბარიტულ ზომებს, წონას და შესაბამისად, ხელსაწყოს ღირებულებას. ხელსაწყო საიმედოობის მნიშვნელობას ზრდის ის გარემოებაც, რომ გადამწოდის დრო შევსებულია დიდი სიბლანტის მქონე სითხით, რაც გამორიცხავს ამ სივრცის ამოვსებას მყარი მასალის მინარევებით, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სადაწნეო მილსადენებით ჰიდროაერონარეების (პულსის) ტრანსპორტირების შემთხვევაში.

рования. Справочные материалы. Изд. Машиностроение, Москва, 1965, 612 с.

3. მახარაძე ლ. და სხვები. ტენზომეტრული მანომეტრი სადაწნეო ჰიდრო-სატრანსპორტო სისტემებში წნევის გასაზომად - გამოგონებაზე პატენტის აღწერილობა. GEP P2008 4534 B. ბიულეტენი №21, 2008.

**МАХАРАДЗЕ Л.И., ГАВАШЕЛИ Л.И., СТЕРЯКОВА С.И. ТЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МАНОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ В НАПОРНЫХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ**

**АННОТАЦИЯ.** В работе рассмотрен тензопьезоэлектрический манометр для измерения давлений в напорных гидротранспортных системах, который содержит стаканообразный пьезометрический рабочий орган, заполненный жидкостью большой вязкости, связанной с большой вязкостной мостиковой схемой со стабилизирующим генератором давления с высокой частотой, который отличается тем, что чувствительные элементы рабочего органа – тензосопротивления, посредством электрической схемы присоединены с каскадным усилителем, собранного из транзисторов с высокой частоты и вторичным прибором, например, с миллиамперметром, который градуирован в соответствии давлений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пьезометрический манометр; гидротранспортная система; мостиковая схема; стабилизирующий генератор; тензосопротивление; транзистор; каскадный усилитель; миллиамперметр.

АКАД. ДОКТОР МЧЕДЛИШВИЛИ З. Т., ДЖИХВАДZE И. Д.,  
АКАД. ДОКТОР ЛОСАБЕРИДZE М. В.

## ТЕМПЕРАТУРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ В ДЕТАЛЯХ ГОРНЫХ МАШИН, ИМЕЮЩИХ ФОРМУ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрен анализ напряженно-деформированного состояния и распределения температуры по радиусу толстостенных дисков. При их вращении во время работы в качестве вращающихся деталей в горных машинах, которые работают в тяжелых температурных условиях во время добычи полезных ископаемых и разных горных и карьерных работах. Данный метод расчета основан на принципах решения осесимметричных задач терм упругости.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** температура; поле; напряжение; распределение; уравнение.

### Введение

В горных машинах детали вращения в форме полых дисков испытывают как механические, так и температурные воздействия со стороны внешней среды и деталей находящихся в соприкосновении с ними. Что более усложняет условия работы этих деталей и ставит более высокие требования на качество материалов, из которых состоят диски. В зависимости от термостойкости этих материалов обеспечивается работа этих деталей при более высоких температурах в подземных шахтах во время разработки полезных ископаемых. В

данной работе показан метод расчета, который применяется как при стационарном, так и в случае изменяемой во времени распределения температуры вдоль радиуса толстостенного диска, который представляет начальный этап расчета напряженно-деформированного состояния осесимметричного тела, находящегося под тепловым воздействием.

### Основная часть

При наличии неравномерного по толщине температурного поля в диске возникают температурные напряжения. Предположим, что температурное поле является осесимметричным и стационарным, т.е. температура постоянна во времени.

Дифференциальное уравнение стационарного распределения температур в круглой толстостенной пластинке в цилиндрических координатах имеет вид:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left( r \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} = 0, \quad (1)$$

где  $T$  - есть температура,  $r$  - радиус,  $z$  - ордината,  $\varphi$  - азимут рассматриваемой точки.

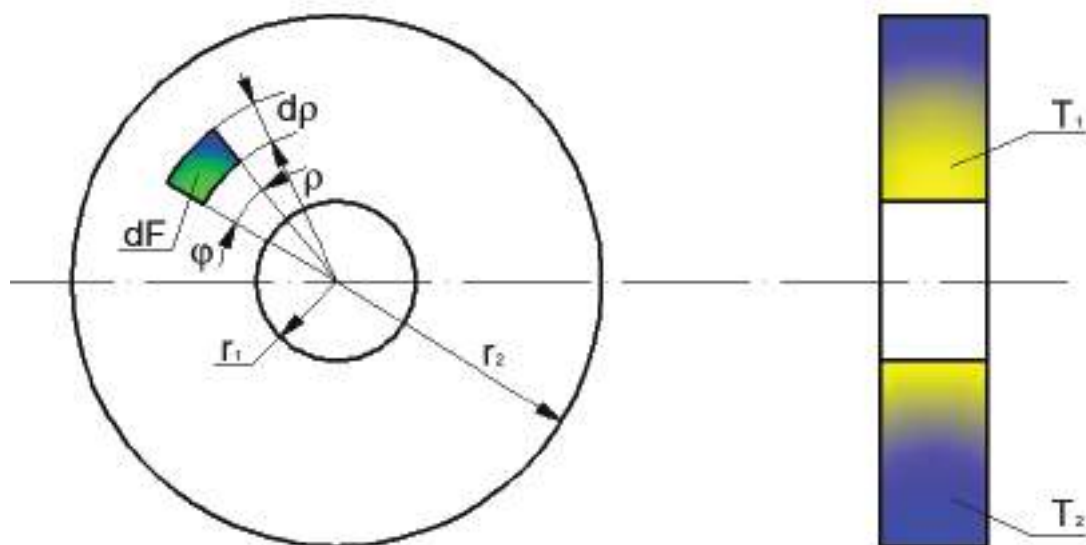


Рис. 1

Если мы внесем понятия безразмерных координат в виде:

$$r = r_2 \rho, \quad z = r_2 \zeta, \quad T = T' \dot{T}, \quad (2)$$

где  $r_2$ - есть внешний радиус круглой пластинки,  $T'$  - некоторая постоянная температура,  $\rho$ ,  $\zeta$ - координаты измерения нуль,  $T'$ - температурная функция измерения нуль.

Подстановка обозначений (2) в дифференциальное уравнение (1) приводит его к виду:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} \left( \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial \zeta^2} + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} = 0 \quad (3)$$

Для концентрического распределения температуры производные по  $\varphi$ - равны нулю, исходя из этого уравнение (3) принимает вид:

жение:

$$T = F_0 T_0 + F_1 D T_0 + F_2 D^2 T_0 + \dots - G_0 P_0 + G_1 D P_0 - G_2 D^2 P_0 + \dots \quad (6)$$

где  $F_i$  и  $O_i$  есть функции переменной  $\rho$ , а величины  $T_0$  и  $P_0$  есть функции переменной  $\zeta$  определяющиеся заданными распределениями температур на границах пластины.

Если мы возьмем круглую пластинку без отверстия, то будем иметь лишь одну ограничивающую по-

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} \left( \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial \zeta^2} = 0 \quad (4)$$

Для упрощения записи вместо  $\frac{\partial^2}{\partial \zeta^2}$  внесем символ  $D$  с помощью которого можно переписать уравнение (4)

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} \left( \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} \right) + D T = 0 \quad (5)$$

Для решения последнего уравнения вносим разло-

верхность  $r=r_2$  или  $\rho=1$ , в этом случае функцию  $P_0$  принимаем равной нулю.

Вводя разложение (6) в дифференциальное уравнение (5) находим что последнее будет удовлетворено если выполняются соотношения:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho \cdot \frac{dF_0}{d\rho} \right) = 0 \quad \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho \cdot \frac{dF_n}{d\rho} \right) \Big|_{F_n} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho \cdot \frac{dG_0}{d\rho} \right) = 0 \quad \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho \cdot \frac{dG_n}{d\rho} \right) \Big|_{G_n} = 0 \quad (8)$$

В случае пластинки с отверстием значения функции  $F_i, G_i (i=1,2,3,\dots)$  на граничных поверхностях  $\rho=\rho_0, \rho=1$  являются равными нулю.

Обозначим через  $T_0$  температуру внутренней граничной поверхности, а через  $T_1$  температуру наружной граничной поверхности тогда в силу (6) для функции  $F_i, G_i (i=1,2,3,\dots)$  получим:

$$T_0' = F_{00} T_0 + G_{00} P_0 \quad T_1' = F_{01} T_0 + G_{01} P_0 \quad (9)$$

Функции  $F_0(\rho)$  и  $G_0(\rho)$  могут быть выбраны подходящим образом. Тогда система (9) представляет систему уравнений для определения функций  $T_0, P_0$  для данных граничных распределений  $T_0'$  и  $T_1'$  в случае полой пластинки. После выбора функций  $F_0(\rho)$  и  $G_0(\rho)$  функций  $F_i, G_i (i=1,2,3,\dots)$  вполне определяются уравнениями (7) и (8) и с помощью этой

системы функций на основании формулы (6) решение задачи получается посредством дифференцирования линейных комбинаций  $T_0$  и  $P_0$  граничных распределений температур  $T_0'$  и  $T_1'$ .

### Заключение

Как известно в различных горных машинах и комплексах различные агрегаты и детали работают в условиях высоких температурных напряжений, что вызывает в этих деталях соответствующие напряженно-деформированные состояния. Для получения оптимальных форм деталей в целях экономии затраченного на их производство материалов необходимо производить расчет этих деталей на прочность с учетом термических условий их работы, что представляет важнейшую задачу термоупругости. В данной статье дан первый этап решения этой задачи, т.е. определение распределения температуры в осесимметричных полых дисках.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. Наука, Москва, 1986. 560 с.  
 2. Пономарев С.Д. Расчеты на прочность в машиностроении. ГОНТИ, Москва, 1956. Т. 2, 884 с.

3. Окопный Ю.А., Радин В.П., Чирков В.П. Механика материалов и конструкций, Машиностроение, Москва, 2001. 408 с.  
 4. Феодосиев В.И. Сопротивление материалов. Машиностроение. Москва, 1986. 592 с.

**MCHEDLISHVILI Z., JHVADZE I., LOSABERIDZE M. TEMPERATURE STRESSES IN PARTS OF MINING MACHINES HAVING THE SHAPE OF BODIES OF REVOLUTION**

**ზ. მჭედლიშვილი, ი. ჯიხვაძე, მ. ლოსაბერიძე ტემპერატურული დაძაბულობები სამთო მანქანების ბრუნვითი სხეულების ფორმის მქონე დეტალებში**

**ANNOTATION.** Article discusses stress strain analysis and temperature distribution over the radius of thick-walled disks. When they rotate during operation as rotating parts in mining machines, which work under severe temperature conditions during mining and various mining and quarrying activities. This calculation method is based on the principles of solving axisymmetric thermoelasticity problems.

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია დეფორმირებული მდგომარეობისა და ტემპერატურული განაწილების ანალიზი სქელკედლიანი მრგვალი ფილების რადიუსის გასწვრივ, მათი მოძრაობის დროს სამთო მანქანებში, მბრუნავი დეტალების სახით, რომლებიც მუშაობენ მძიმე ტემპერატურულ პირობებში, სხვადასხვა სამთო და კარიერული სამუშაოების დროს, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისას. გამოთვლის მოცემული მეთოდი დაფუძნებულია თერმოდრეკადობის დერძ-სიმეტრიული ამოცანების ამოხსნების პრინციპებზე.

**KEY WORDS:** temperature; field, stress; distribution; equation.

**საკვანძო სიტყვები:** ტემპერატურა; ველი; ძაბვა; განაწილება; განტოლება.

უაკ 622.625.57

პროფესორი მ. წერეთელი, ნ. რუხაძე, მაგისტრანტი ი. წერეთელი

ასინქრონული ძრავას ამუშავების გარდამავალი რეჟიმი

**ანოტაცია.** ნაშრომში განხილულია, ასინქრონული ძრავას ამუშავების რეჟიმი. განსაზღვრულია ამუშავების დროის მნიშვნელობა სამი შემთხვევისათვის: 1. როდესაც ძრავა უქმ სვლაზე ამუშავდება ( $M_{st}=0$ ); 2. როდესაც ამძრავზე დადებითი დატვირთვაა მოდებული ( $M_{st}>0$ ); 3. როდესაც ამძრავზე უარყოფითი დატვირთვაა - ( $M_{st}<0$ ). რეალურად, დატვირთვა ორივე სამუშაო რეჟიმში (ძრავული და გენერატორული) ერთნაირია.

**საკვანძო სიტყვები:** ასინქრონული ძრავა; გარდამავალი რეჟიმი; მექანიკური მახასიათებელი; უქმი სვლის რეჟიმი; ძრავული რეჟიმი; გენერატორული რეჟიმი; ამუშავების დრო; სამი სახის რეჟიმი.

ასინქრონულ ამძრავზე მოდებული სტატიკური დატვირთვის მუდმივობის დროს, ამუშავების აღმწერ განტოლებას აქვს ცნობილი სახე -

$$\frac{2M_m}{\frac{S_m}{S} + \frac{S}{S_m}} - M_{st} = J \frac{d\omega}{dt}; \quad (1)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ სრიალი (S) და კუთხური სიჩქარე ( $\omega$ ), დაკავშირებულია ერთმანეთთან ფორმულით:

$$S = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} \text{ და } dS = -\frac{1}{\omega_0} d\omega, \text{ მოძრაობის განტოლება (1), მიიღებს სახეს -}$$

$$\frac{2M_m S_m}{S_m^2 + S^2} S - M_{st} = -J\omega_0 \frac{dS}{dt}; \quad (2)$$

სადაც,  $\omega_0$  - ძრავას მაქსიმალური კუთხური სიჩქარე, 1/წმ;  $M_{st}$  - ძრავაზე მოდებული სტატიკური დატვირთვაა, ნმ;  $M_m$  - ძრავას მიერ განვითარებული მაქსიმალური მომენტი;  $S_m$  - მაქსიმალური მომენტის შესაბამის სრიალის, მაქსიმალური მნიშვნელობა; J - სისტემის ჯამური ინერციის მომენტი, კგმ<sup>2</sup>; (2) -ე ფორმულიდან -

$$dt = \frac{J\omega_0}{M_{st}} \left( \frac{S^2 + S_m^2}{S^2 - 2 \frac{M_m}{M_{st}} S_m \cdot S + S_m^2} dS \right); \quad (3)$$

ძრავას ამუშავების დროს, სტატიკური დატვირთვის მიხედვით, შესაძლებელია სამი სამუშაო რეჟიმის განხილვა:

1. ამუშავება უქმ სვლაზე, როდესაც -  $M_{st} = 0$ ;
2. ამუშავება ძრავულ რეჟიმში, როდესაც -  $M_{st} > 0$  და
3. ამუშავება გენერატორულ რეჟიმში, როდესაც -  $M_{st} < 0$ ;

პირველად განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც ამძრავი უქმ სვლაზე ამუშავდება -  $M_{st} = 0$ . ასეთ შემთხვევაში (იხ.

2) -

$$t_o = -\frac{J\omega_0}{2M_m} \int_{s_1}^{s_2} \frac{S_m^2 + S^2}{S_m \cdot S} dS = -\frac{T_m}{2} \int_{s_1}^{s_2} \left( \frac{S_m}{S} + \frac{S}{S_m} \right) dS; \quad (4)$$

ამ უკანასკნელის ინტეგრირებით,  $s_1 = 1$  -დან  $s_2 = 0,05$ - მდე საზღვრებში, მიიღება -

$$\frac{t_o}{T_m} = \frac{1}{2} \left[ \frac{S_1^2 - S_2^2}{2S_m} + S_m \cdot \ln \left( \frac{S_1}{S_2} \right) \right] = \frac{1}{4 \cdot S_m} + 1.5 \cdot S_m; \quad (5)$$

დავუშვით, რომ  $1 - 0.05^2 = 0.9975 \approx 1$ ;

აქ,  $T_m = \frac{J\omega_0}{M_m}$  - ელექტრომექანიკური დროის მუდმივა, წმ;

ბოლო გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ამუშავების დრო  $t_o$ , მაქსიმალური სრიალის,  $S_m$ -ის ფუნქციაა.  $S_m$ -ის ის ოპტიმალური მნიშვნელობა, რომლის დროსაც  $t_o$  იქნება მინიმალური, განისაზღვრება (5) -ე გამოსახულებიდან

$$\frac{1}{T_m} \frac{dt_o}{dS_m} = -\frac{1}{4 \cdot S_m^2} + 1.5 = 0; \quad (6)$$

$$\text{აქედან კი - } S_{m0} = \frac{1}{\sqrt{6}} = 0.408. \quad (7)$$

ანუ, ამუშავების დროის მნიშვნელობა  $t_o$ , უქმ სვლაზე მინიმალურია, როდესაც სრიალის მაქსიმალური მნიშვნელობაა -  $S_{m0} = 0,408$  და როგორც, რეალურად, სერიული წარმოების არც ერთ ძრავას არ გააჩნია.

განვიხილოთ პრაქტიკული მაგალითი:

ძრავას ტექნიკური მონაცემებია -

ტიპი - A200L6

ნომინალური სიმძლავრე -  $P_n$  კვტ;

ნომინალური ბრუნვათა რიცხვი -  $n_n = 980$  ბრ/წთ;

ნომინალური კუთხური სიჩქარე -

$$\left( \omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = \frac{\pi \cdot 980}{30} = 102.63 \text{ 1/წმ} \right);$$

სინქრონული ბრუნვათა რიცხვი -  $n_o = 1000$  ბრ/წთ,

სინქროპული კუთხური სიჩქარე -

$$\left( \omega_o = \frac{\pi \cdot n_o}{30} = \frac{\pi \cdot 1000}{30} = 104.72 \text{ 1/წმ} \right);$$

ნომინალური გადატვირთვის კოეფიციენტი -

$$b_n = \frac{M_m}{M_n} = 2.1;$$

ამამუშავებელი მომენტის ფარდობა ნომინალურთან -

$$b_c = \frac{M_c}{M_n} = 2.0;$$

ძრავას როტორის ინერციის მომენტი -  $J = 0,25$  კგ.მ<sup>2</sup>;

იანგარიშება:

ნომინალური სრიალი -

$$S_n = 1 - \frac{n_n}{n_0} = 1 - \frac{980}{1000} = 0.02 ;$$

$$S_m = S_n \left( b_n + \sqrt{b_n^2 - 1} \right) = 0.02 \left( 2.1 + \sqrt{2.1^2 - 1} \right) = 0.08 ;$$

მაქსიმალური სრიალი -

ნომინალური მომენტი -

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n} = 9550 \frac{30}{980} = 292.35 \approx 292 \text{ ნმ};$$

მაქსიმალური მომენტი -

$$M_m = b_n \cdot M_n = 2.1 \cdot 292 = 613.2 \approx 613 \text{ ნმ};$$

ამამუშავებელი მომენტი -

$$M_c = b_c \cdot M_n = 2 \cdot 292 = 584 \text{ ნმ};$$

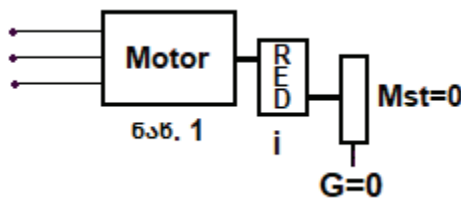
სტატიკური მომენტის სიდიდედ მივიღოთ, ნომინალური მომენტის 85% -

$$M_{st} = 0.85 \cdot M_n = 0.85 \cdot 292 = 248.2 \approx 248 \text{ ნმ};$$

ძრავას, ელემექანიკური დროის მუდმივა -

$$T_{mot} = \frac{J \omega_0}{M_m} = \frac{0.25 \cdot 104.72}{613} \approx 0.043 \text{ წმ};$$

გავიანგარიშოთ ძრავას ამუშავების დრო უკმ სვლაზე. (5) ფორმულაში ჯერ შევიტანოთ მაქსიმალური სრილის რეალური მნიშვნელობა (არჩეული ძრავას მიხედვით) -



$$S_{m.Real.} = 0.08 ; S_1 = 1; S_2 = 0.05,$$

$$\frac{t_{0.Real.}}{T_m} = \frac{1}{4 \cdot S_m} + 1.5 \cdot S_m = \frac{1}{4 \cdot 0.08} + 1.5 \cdot 0.08 = 3.245; \quad (8)$$

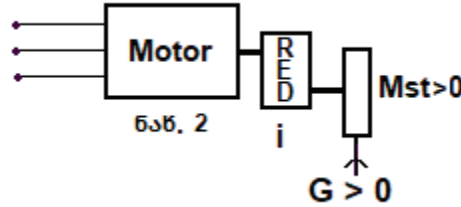
ახლა ავიღოთ მაქსიმალური სრილის ოპტიმალური მნიშვნელობა -  $S_{m.opti.} = 0.408;$

$$\frac{t_{0.Real.}}{T_m} = \frac{1}{4 \cdot S_m} + 1.5 \cdot S_m = \frac{1}{4 \cdot 0.408} + 1.5 \cdot 0.408 = 1.225; \quad (9)$$

ამუშავების დროის მნიშვნელობა, როდესაც მაქსიმალური სრიალის სიდიდე რეალურია, დაახლოებით  

$$\frac{t_{0,Real.}}{t_{0,opt.}} = \frac{3.245}{1.225} = 2.65$$
 -ჯერ მეტია, ვიდრე ოპტიმალური, მაქსიმალური სრიალის დროს.

განვიხილოთ ამუშავების მეორე შემთხვევა, ანუ როდესაც ძრავაზე დადებითი სტატიკური დატვირთვაა მოდებული -  $M_{st} > 0$ .



ამოსახსნელ განტოლებას (3), აქვს სახე -

$$dt = \frac{J\omega_0}{M_{st}} \left( \frac{S^2 + S_m^2}{S^2 - 2 \frac{M_m}{M_{st}} S_m \cdot S + S_m^2} dS \right); \quad (10)$$

იმისათვის, რომ (10) გამოსახულების ინტეგრირება უფრო მოსახერხებელი გავხადოთ, წილადის მრიცხველს დავუმატოთ და დავაკლოთ -  $2b_{st} S_m \cdot S$ . მიიღება -

$$t_1 = T_m b_{st} \int_{s_1}^{s_2} \left( 1 + \frac{2b_{st} S_m \cdot S}{S^2 - 2b_{st} S_m \cdot S + S_m^2} \right) dS; \quad (11)$$

სადაც,  $b_{st} = \frac{M_m}{M_{st}}$ .

ამოვხსნათ, (11) განტოლების შესაბამისი, სტატიკური განტოლება -

$$S^2 - 2b_{st} S_m \cdot S + S_m^2 = (S - a)(S - b); \quad (12)$$

სადაც, **a** და **b** ფესვების მნიშვნელობებია -

$$\begin{cases} a = b_{st} S_m + \sqrt{b_{st}^2 S_m^2 - S_m^2} = S_m (b_{st} + \sqrt{b_{st}^2 - 1}); \\ b = b_{st} S_m - \sqrt{b_{st}^2 S_m^2 - S_m^2} = S_m (b_{st} - \sqrt{b_{st}^2 - 1}), \end{cases} \quad (13)$$

(12) -ის ინტეგრირებით,  $S_1$  და  $S_2$  საზღვრებში, მიიღება -

$$\frac{t_1}{T_m} = b_{st} (S_2 - S_1) + 2b_{st}^2 \cdot S_m \cdot [M \cdot \ln(A) - N \cdot \ln(B)]; \quad (14)$$

სადაც -  $M = \frac{a}{a-b}$ ;  $N = \frac{b}{a-b}$ ;  $A = \frac{S_2 - a}{S_1 - a}$  და  $B = \frac{S_2 - b}{S_1 - b}$ . (15)

ამ ბოლო განტოლებაში, ძრავას ამუშავების დროის გაანგარიშებისას, პრაქტიკული გამოთვლებისათვის მიღებულია, რომ როდესაც ამუშავება ხდება ძრავას გაჩერებული მდგომარეობიდან და  $M_{st} > 0$ , მაშინ  $S_1 = 1$  და  $S_2 \approx 0.05$ . ამავე დროს, გასათვალისწინებელია, რომ მოძრაობის დაწყებისათვის აუცილებელი პირობაა ფესვი -

$$a > S_1, \text{ ანუ } a = S_m \left( b_{st} + \sqrt{b_{st}^2 - 1} \right) > 1 = S_1; \text{ ეს პირობა შესრულდება, თუკი } b_{st} \geq \frac{1 + S_m^2}{2 \cdot S_m}$$

განვიხილოთ პრაქტიკული მაგალითი (ზემოთ მოყვანილი ძრავას მონაცემების მიხედვით):

$$P_n = 30 \text{ კვტ}; \quad S_m = 0.08; \quad b_{st} = \frac{1 + S_m^2}{2 \cdot S_m} = \frac{1 + 0.08^2}{2 \cdot 0.08} = 6.256;$$

$$\text{მივიღოთ - } b_{st} = \frac{M_m}{M_{st}} = 7; \text{ ანუ}$$

$$M_{st} = \frac{M_m}{b_{st}} = \frac{613}{7} = 87.57 \approx 88 \text{ მძ};$$

$$\begin{cases} a = S_m \left( b_{st} + \sqrt{b_{st}^2 - 1} \right) = 0.08 \left( 7 + \sqrt{7^2 - 1} \right) = 1.1142; \\ b = S_m \left( b_{st} - \sqrt{b_{st}^2 - 1} \right) = 0.08 \left( 7 - \sqrt{7^2 - 1} \right) = 0.0057. \end{cases}$$

$$M = \frac{a}{a - b} = \frac{1.1142}{1.1142 - 0.0057} = 1.0051, \quad N = \frac{b}{a - b} = \frac{0.0057}{1.1142 - 0.0057} = 0.0051,$$

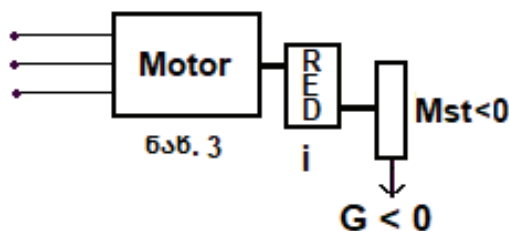
$$A = \frac{S_2 - a}{S_1 - a} = \frac{0.05 - 1.1142}{1 - 1.1142} \approx 9.32 \text{ და } B = \frac{S_2 - b}{S_1 - b} = \frac{0.05 - 0.0057}{1 - 0.0057} \approx 0.0446;$$

ამუშავების დროის ფარდობითი ხანგრძლივობა -

$$\begin{aligned} \frac{t_1}{T_m} &= b_{st} (S_2 - S_1) + 2 \cdot b_{st}^2 \cdot S_m \cdot [M \cdot \ln(A) - N \cdot \ln(B)] = \\ &= 7(0.05 - 1) + 2 \cdot 7^2 \cdot 0.08 \cdot [1.0051 \cdot \ln(9.32) - 0.0051 \cdot \ln(0.0446)] = 11.064. \end{aligned}$$

თუ ამძრავზე უარყოფითი დატვირთვა მოდებული -  $M_{st} < 0$ , ცხადია, უარყოფითი იქნება  $b_{st} = -\frac{M_m}{M_{st}}$

კოეფიციენტის და სტატიკური განტოლების  $S_1$  და  $S_2$  ფსევებიც.



ამოსახსნელ განტოლებას ექნება სახე -

$$dt = -\frac{J\omega_0}{M_{st}} \left( \frac{S^2 + S_m^2}{S^2 + 2b_{st} S_m \cdot S + S_m^2} dS \right);$$



ანალოგიურად, ზემოთ ნათქვამისა, წილადის მრიცხველს დავუმატოთ და დავაკლოთ -  $2b_{st}S_m \cdot S$ . მიიღება -

$$t_1 = -T_m b_{st} \int_{S_1}^{S_2} \left( 1 - \frac{2b_{st}S_m \cdot S}{S^2 + 2b_{st}S_m \cdot S + S_m^2} \right) dS = T_m b_{st} \int_{S_2}^{S_1} \left( 1 - \frac{2b_{st}S_m \cdot S}{S^2 + 2b_{st}S_m \cdot S + S_m^2} \right) dS ;$$

ამოხსნათ მახასიათებელი განტოლება, (რადგან გაანგარიშების მიმდევრობა, როდესაც  $M_{st} > 0$  და  $M_{st} < 0$  მსგავსია ერთმანეთისა, განტოლებაში თავიდანვე შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები) -

$$b_{st} = -7 \quad \text{და} \quad S^2 + 2b_{st,1}S_m \cdot S + S_m^2 = (S - a)(S - b); \quad \text{და}$$

$$\begin{cases} a = S_m (b_{st} + \sqrt{b_{st}^2 - 1}) = 0.08(-7 + \sqrt{7^2 - 1}) \approx -0.0057; \\ b = S_m (b_{st} - \sqrt{b_{st}^2 - 1}) = 0.08(-7 - \sqrt{7^2 - 1}) = -1.1143. \end{cases}$$

ასევე, თუ გავითვალისწინებთ, რომ  $S_1 = 1$  და  $S_2 \approx 0.05$

$$M = \frac{a}{a - b} = \frac{-0.0057}{-0.0057 + 1.1143} \approx -0.0051; \quad N = \frac{b}{a - b} = \frac{-1.1143}{-0.0057 + 1.1143} \approx -1.0051;$$

$$A = \frac{S_2 - a}{S_1 - a} = \frac{0.05 + 0.0057}{1 + 0.0057} = 0.0554; \quad B = \frac{S_2 - b}{S_1 - b} = \frac{0.05 + 1.1143}{1 + 1.1143} = 0.5507;$$

ამუშავების დროის ფარდობითი მნიშვნელობა -

$$\begin{aligned} \frac{t_2}{T_m} &= b_{st} (S_2 - S_1) + 2b_{st}^2 \cdot S_m \cdot [M \cdot \ln(A) - N \cdot \ln(B)] = \\ &= -7 \cdot (0.05 - 1) + 2 \cdot 7^2 \cdot 0.08 \cdot [-0.0051 \cdot \ln(0.0554) + 1.0051 \cdot \ln(0.5507)] = 2.065; \end{aligned}$$

ამრიგად, როდესაც ძრავაზე დატვირთვა ნულის ტოლია, მაშინ ძრავა ამუშავდება -

$$(M_{st} = 0), \quad t_0 = 3.245 \cdot T_m = 3.245 \cdot 0.043 = 0.14 \text{ წმ};$$

როდესაც ძრავაზე დადებითი დატვირთვაა მოდებული, მაშინ ძრავა ამუშავდება -

$$(M_{st} > 0), \quad t_1 = 11.064 \cdot T_m = 11.064 \cdot 0.043 = 0.476 \text{ წმ};$$

ხოლო როდესაც ძრავაზე დატვირთვა უარყოფითია, მაშინ ამუშავების დრო იქნება - ( $M_{st} < 0$ ),  $t_2 = 2.065 \cdot T_m = 2.065 \cdot 0.043 = 0.0888 \approx 0.1$  წმ.

დატვირთვის გარეშე ამუშავების ხანგრძლივობა, შეიძლება განისაზღვროს აგრეთვე ეფექტური მომენტის საშუალებით.

ეფექტური მომენტის მნიშვნელობა -

$$M_{ef} = \frac{M_m S_m}{0.25 + 1.5 \cdot S_m^2} = \frac{613 \cdot 0.08}{0.25 + 1.5 \cdot 0.08^2} = 188.91 \approx 189 \text{ ნმ};$$

ამუშავების დროის ხანგრძლივობა  $t_0 = \frac{J\omega_0}{M_{ef}} = \frac{0.25 \cdot 104.72}{189} = 0.1385 \approx 0.14$  წმ;

**ლიტერატურა**

1. მ. წერეთელი. მეთოდური მითითებები პრაქტიკული სამუშაოს და საკურსო პროექტირების შესასრულებლად საგანში «სამთო მანქანების ელექტრული ამძრავი»: გამოცემლობა «ტექნიკური უნივერსიტეტი», თბილისი, 2007.
2. მ. წერეთელი, ნ. მახარაშვილი, ი. წერეთელი. სამთო მანქანების ელექტრული ამძრავი-მეთოდური მითითებები პრაქტიკული სამუშაოს და საკურსო პროექტირების შესასრულებლად დაპროგრამების სისტემა MATLAB-ში: გამოცემლობა «ტექნიკური უნივერსიტეტი», თბილისი, 2014.
3. მ. წერეთელი, ნ. მახარაშვილი, მ. ონიანი. მოკლედ შერთულ როტორიანი ასინქრონული ძრავას კორექ-

- ტირებული მექანიკური მახასიათებელი. სამთო ჟურნალი, №1(28), თბილისი, 2015. გვ. 63-64.
4. Песвианидзе А.В. Расчет шахтных подъемных установок: Учеб. пособие для вузов.- «Недра», Москва, 1992. 250 с.
  5. Мартынов М.В., Переслегин Н.Г. Автоматизированный электропривод в горной промышленности. Изд.2, перераб. и доп., «Недра», Москва, 1977. 375 с.
  6. Г. Б. Двайт. Таблицы интегралов и другие математические формулы. Перевод с английского Н.В. Левин, «Наука», Москва, 1973. 228 с.

**ЦЕРЕТЕЛИ М.В., РУХАДЗЕ Н.И. ЦЕРЕТЕЛИ И.М.  
ПЕРЕХОДНЫЙ РЕЖИМ ПУСКА  
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**TSERETELI M., RUXADZE N., TSERETELI I.  
TRANSITION MODE DISCUSSES THE ASYNCRONOUS MOTOR STARTING MODE**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассматривается переходный режим пуска асинхронного двигателя. Величина времени пуска определяется для трех случаев: 1) при работе двигателя на холостом ходу ( $M_{st} = 0$ ); 2) при положительной нагрузке, ( $M_{st} > 0$ ), на привод и 3) при отрицательной нагрузке на привод ( $M_{st} < 0$ ). Для реальных компонентов нагрузка одинакова в обоих режимах работы (двигательный и генераторный).

**ANNOTATION.** The paper discusses the asynchronous motor starting mode. The value of starting time is defined for three cases: 1) when the engine is running ( $M_{st} = 0$ ) at idle; 2) when a positive load is applied to the drive ( $M_{st} > 0$ ) and 3) when there is a negative load on the drive ( $M_{st} < 0$ ). For real components, the load is the same in both operating modes (engine and generator).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** асинхронный двигатель; переходный режим; механические характеристики; режим холостого хода; режим двигателя; генераторный режим; время запуска во всех трех режимах.

**KEY WORDS:** asynchronous motor; transition mode; mechanical characteristics; idle mode; engine mode; generator mode; launch time in all three modes.

უაკ 531.3

პროფესორი მ. წერეთელი, ნ. რუხაძე, მაგისტრანტი ი. წერეთელი

ასინქრონული ძრავას მექანიკური მახასიათებლების გაანგარიშება და აგება

*ანოტაცია. განხილულია ასინქრონული, ფაზურ როტორიანი ძრავას მექანიკური მახასიათებლების გაანგარიშების და აგების მეთოდი. ეს მეთოდი დიდი ხანია ცნობილია ელექტრული ამძრავის ნებისმიერი სახელმძღვანელოდან. ჩვენ შევეცადეთ გაგვემარტივებინა ეს მეთოდი და უფრო მარტვად გადაგვეწყვიტა ეს ამოცანა. პირველ რიგში განხილულია ამოცანის გადაწყვეტის თეორიული გზა, შემდეგ კი პრაქტიკული მაგალითით დამტკიცებულია ახალი მეთოდის სიმარტივე და გაანგარიშების რეალობა.*

1. აუცილებელია როტორის ბრუნვათა რიცხვის რეგულირება;
2. მექანიზმის სტატკური წინააღმდეგობის მომენტი მეტია ძრავას მბრუნებელ მომენტზე, ამუშავების დროს, ანუ  $M_{st} > M_{mot}$ ;
3. მოძრაობაში მოსაყვანი მასები იმდენად დიდია, რომ ძრავას როტორში გამოყოფილი თბური ენერგია იწვევს, ამუშავების დროს, გრაგნილების დაუშვებელ გადახურებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ასინქრონული; ფაზურ როტორიანი; მოკლედ შერთულ როტორიანი; მექანიკური მახასიათებელი; მახასიათებლის გაანგარიშება და აგება; გამარტივებული მეთოდი.

მაღზე ხშირად, ფაზურ როტორიანი ძრავას ამუშავება ხორციელდება როტორის წრედში ჩართული ამამუშავებელი რეოსტატის საშუალებით და რეოსტატის მუშაობის რეჟიმს ანგარიშობენ, როგორც ხანმოკლე მუშაობის რეჟიმს.

ფაზურ როტორიან ასინქრონული ძრავებს, მოკლედ შერთულ როტორიან ძრავებთან შედარებით, უფრო იშვიათად გამოიყენებენ. მათი გამოყენება ხდება მაშინ, როდესაც:

ძრავას მექანიკური მახასიათებლების გაანგარიშების და აგების დროს, ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრი, მახასიათებლების რაოდენობაა. ბუნებრივი მექანიკური მახასიათებლის გაანგარიშება და აგება ადვილად ხორციელდება ძრავას კატალოგური მონაცემებითა და

კლოსის გამარტივებული ფორმულით.

კლოსის გამარტივებულ ფორმულას, ასეთი სახით წარმოადგენენ:

$$M = \frac{2 \cdot M_m \cdot S_{m0}}{S_{m0}^2 + S^2} S;$$

სადაც,  $M_m$  - ძრავას მიერ განვითარებული მაქსიმალური მომენტი -  $M_m = M_n \cdot b_n$ , ნმ;  
ძრავას ნომინალური მომენტი -  $M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}$ , ნმ;

$P_n$  და  $n_n$  - ძრავას ნომინალური სიმძლავრე, კვტ. და ნომინალური ბრუნვათა რიცხვი, ბრ/წთ;  
ძრავას ნომინალური გადატვირთვის კოეფიციენტი -

$$b_n = \frac{M_m}{M_n};$$

ხოლო, მომენტური კოეფიციენტი -

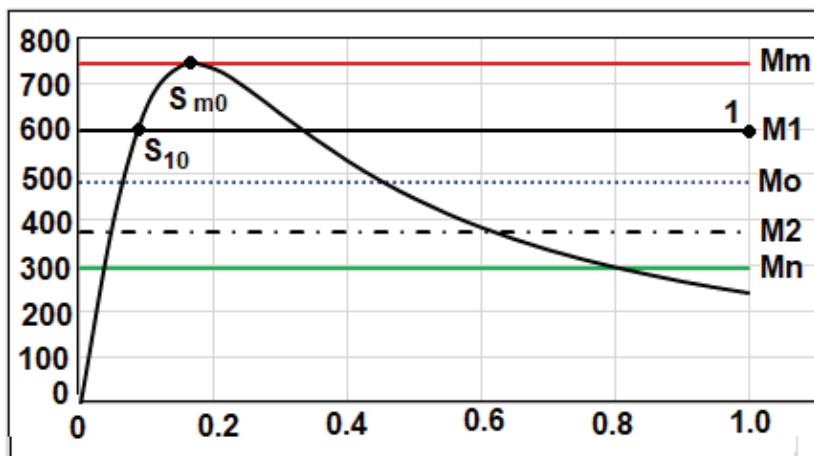
$$a_1 = b_1 - \sqrt{b_1^2 - 1} = 1.25 - \sqrt{1.25^2 - 1} = 0.5.$$

მთელ ამ გაანგარიშებაში, აღსანიშნავია თავისი მნიშვნელობით  $S_{10} \cdot b^Z = 1$  ფორმულა; აქ,  $S_{10} = a_1 \cdot S_{m0}$  და წარმოადგენს  $M_1$  პიკური მომენტის შესაბამის სრიალს ბუნებრივ მახასიათებელზე, ხოლო Z, ხელოვნური მახასიათებლების რიცხვია.

კოეფიციენტი  $b$ , წარმოადგენს პიკური  $M_1$  და გადართვის  $M_2$ , მომენტების მომენტური კოეფიციენტების ფარდობას -  $b = \frac{a_1}{a_2}$ .

ხელოვნური მექანიკური მექანიკური მახასიათებლების აგება ანალოგიურია ბუნებრივისა, განსხვავება მხოლოდ მაქსიმალურ (კრიტიკულ) სრიალებს შორის. ბუნებრივის შემდეგ, პირველი ხელოვნური მახასიათებლის კრიტიკული სრიალის მნიშვნელობა იქნება -  $S_{m1} = S_{m0} \cdot b$ ; მეორისა -  $S_{m2} = S_{m1} \cdot b = S_{m0} \cdot b^2$  და ა.შ.; ბუნებრივ

მახასიათებელზე, პიკური მომენტის შესაბამისი სრიალის მნიშვნელობა, ადვილად განისაზღვრება პიკური მომენტის მომენტური კოეფიციენტისა  $a_1$  და კრიტიკული სრიალის,  $S_{m0}$ -ის საშუალებით -  $S_{10} = a_1 \cdot S_{m0}$ . ბუნებრივია, რომ  $S_{10} \cdot b^Z = 1$ . ამ



ნახ. 1

უკანასკნელს ხშირად, მექანიკური მახასიათებლების გაანგარიშების ძირითად ფორმულასაც უწოდებენ. აქედანვე მიიღება მნიშვნელოვანი დამოკიდებულება,  $S_{10} \cdot b^Z = S_{10} \frac{a_1^Z}{a_2^Z} = 1$  და  $a_2 = a_1 \cdot S_{10}^{\frac{1}{Z}}$ .

გავიანგარიშოთ ამ მეთოდის საშუალებით კერძო მაგალითი და ავადოთ შესაბამისი მახასიათებლები.

საანგარიშო, ასინქრონული ძრავას, კატალოგური მონაცემებია :

ტიპი - 4AK225M6Y3

ნომინალური სიმძლავრე -  $P_n = 30$  კვტ;

ნომინალური ბრუნვათა რიცხვი -  $n_n = 965$  ბრ/წთ;

ნომინალური გადატვირთვის კოეფიციენტი -  $b_n = \frac{M_m}{M_n} = 2.5$  ;

ამ კატალოგური მონაცემებით იანგარიშება:

ძრავას ნომინალური სრიალი -

$$S_n = 1 - \frac{n_n}{n_o} = 1 - \frac{965}{1000} = 0.035 ;$$

$$\text{მაქსიმალური სრიალი} - S_{m0} = S_n \left( b_n + \sqrt{b_n^2 - 1} \right) = 0.035 \left( 2.5 + \sqrt{2.5^2 - 1} \right) = 0.168$$

$$\text{ნომინალური მომენტი} - M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n} = 9550 \frac{30}{965} = 296.89 \approx 297 \text{ ნმ};$$

$$\text{მაქსიმალური მომენტი} - M_m = b_n \cdot M_n = 2.5 \cdot 297 = 742.5 \approx 743 \text{ ნმ}.$$

პიკური მომენტის მნიშვნელობად, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მივიღეთ -

$$M_1 = 0.8 \cdot M_m = 0.8 \cdot 743 = 594.4 \approx 594 \text{ ნმ};$$

შესაბამისი, გადატვირთვისა და მომენტური კოეფიციენტები -  $b_1 = 1.25$  და  $a_1 = 0.5$  ;

პიკური მომენტის შესაბამისი სრიალი ბუნებრივ მახასიათებელზე -

$$S_{10} = a_1 \cdot S_{m0} = 0.5 \cdot 0.168 = 0.084 \cdot$$

$$\text{გადართვის მომენტის მნიშვნელობად ავიღოთ} - M_2 = 1.2 \cdot M_n = 1.2 \cdot 297 = 356.4 \approx 356 ;$$

გადატვირთვისა და მომენტური კოეფიციენტები -

$$b_2 = \frac{M_m}{M_2} = \frac{743}{356} = 2.087 \text{ და } a_2 = b_2 - \sqrt{b_2^2 - 1} = 2.087 - \sqrt{2.087^2 - 1} = 0.255 ;$$

$b$  კოეფიციენტის მნიშვნელობა -

$$b = \frac{a_1}{a_2} = \frac{0.5}{0.255} = 1.961 ;$$

ხელოვნურ, მექანიკური მახასიათებლების რაოდენობას მივიღებთ, მექანიკური მახასიათებლების გაანგარიშების

ძირითადი ფორმულიდან -  $a_2 = a_1 \cdot S_{10}^{\frac{1}{2}}$  ; ხოლო გადართვის მომენტს,  $M_2 = 2 \cdot M_m \frac{a_2}{a_2^2 + 1}$  გამოსახულებით -

ცხრილი 1

Z	2	3	4	5	6	7
a2	0.145	0.219	0.269	0.305	0.331	0.351
1.2*Mn	356	356	356	356	356	356
M2	211	311	373	415	443	464

ვისარგებლოთ №1 ცხრილით -  $M_2$  გადართვის მომენტის მნიშვნელობა, ყველაზე ახლოსაა, წინასწარ აღებულ თავის მიახლოებულ მნიშვნელობასთან -  $1.2 \cdot M_n = 356$  ნმ, მაშინ, როდესაც საფეხურების რაოდენობაა -  $Z = 4$ .

გამოდის, რომ  $M_2$  გადართვის მომენტისა და მისი მომენტური კოეფიციენტის რეალური მნიშვნელობებია -

$$M_2 = 373 \text{ ნმ და } a_2 = 0.269.$$

b კოეფიციენტის მნიშვნელობა -  $b = \frac{a_1}{a_2} = \frac{0.5}{0.269} = 1.8587 \approx 1.86$  და

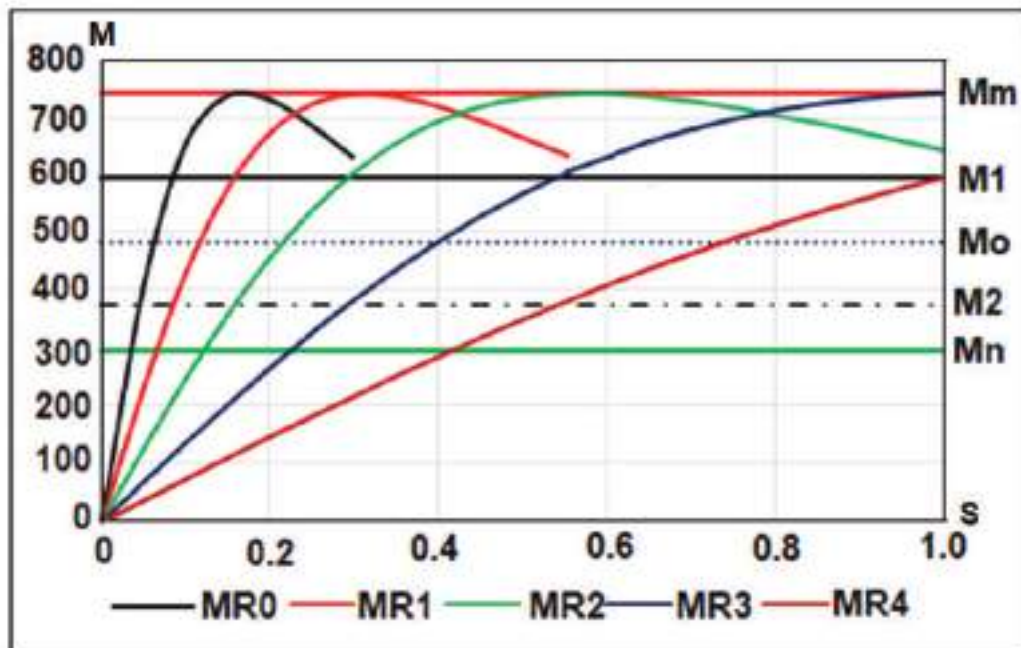
$$S_{10} \cdot b^Z = 0.084 \cdot 1.86^4 = 1.0054 \approx 1$$

შეგვიძლია დავასკვნათ: გაანგარიშება სწორადაა ჩატარებული.

ამამუშავებელი მომენტი -  $M_0 = 0.5(M_1 + M_2) = 0.5(594 + 373) = 483.5 \approx 484$  ნმ;

ზემოთ მოყვანილი ანგარიშის საშუალებით ავაგოთ შესაბამისი მექანიკური მახასიათებლები (აქვეა ანალოგიური ანგარიში Excel- ში) -

<b>Smo=</b>	<b>0.168</b>		<b>b=</b>	<b>1.8587</b>
<b>Smo</b>	<b>Sm1</b>	<b>Sm2</b>	<b>Sm3</b>	<b>Sm4</b>
<b>0.168</b>	<b>0.312</b>	<b>0.58</b>	<b>1.079</b>	<b>2.005</b>



ნახ. 2

Pn	30	Sm0	Mm	M1	M2	Mo	Mn	MR0	MR1	MR2	MR3	MR4
nn	965	0	743	594	373	484	297	0	0	0	0	0
no	1000	0.05	743	594	373	484	297	406	232	127	69	37
$bn=Mm/Mn$	2.5	0.1	743	594	373	484	297	653	432	249	137	74
$Sn=1-nn/no$	0.035	0.15	743	594	373	484	297	738	580	360	203	111
$bo=bn+(bn^2-1)^{0.5}$	4.791	0.2	743	594	373	484	297	732	675	458	266	147
$Sm0=Sn*bo$	0.168	0.25	743	594	373	484	297	688	725	540	327	182
$Mn=9550*Pn/nn$	297	0.3	743	594	373	484	297	633	742	606	384	217
$Mm=bn*Mn$	743	0.35	743	594	373	484	297	580	738	657	436	252
$M1=0.8*Mm$	594	0.4	743	594	373	484	297	531	721	695	484	285
$b1=Mm/M1$	1.25	0.45	743	594	373	484	297	487	696	720	528	318
$a1=b1-(b1^2-1)^{0.5}$	0.5	0.5	743	594	373	484	297	449	667	735	567	349
$S10=a1*Sm0$	0.084	0.55	743	594	373	484	297	415	638	742	601	379
$M2=1.2*Mn$	356	0.6	743	594	373	484	297	386	608	743	631	408
$b2=Mm/M2$	2.087	0.65	743	594	373	484	297	360	580	738	657	436
$a2=b2-(b2^2-1)^{0.5}$	0.255	0.7	743	594	373	484	297	337	553	730	678	462
Z	4	0.75	743	594	373	484	297	317	527	719	696	488
$a2=a1*S10^{(1/Z)}$	0.269	0.8	743	594	373	484	297	299	503	706	711	511
$b=a1/a2$	1.86	0.85	743	594	373	484	297	283	481	692	722	534
$S10*b^Z=1$	1.0026	0.9	743	594	373	484	297	268	460	677	731	555
$M2=2Mm*a2/(a2^2+1)$	373	0.95	743	594	373	484	297	255	441	661	737	575
$Mo=0.5(M1+M2)$	484	1	743	594	373	484	297	243	423	645	741	594

## ლიტერატურა

1. Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М., Шинянский А.В. Основы автоматизированного электропривода. «Энергия», Москва, 1974. 668 с.
2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электро-двигателей. Госэнргоиздат, Москва, 1963. 528 с.

ЦЕРЕТЕЛИ М.В., РУХАДЗЕ Н.И., ЦЕРЕТЕЛИ И.М.  
**РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК  
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**АННОТАЦИЯ.** Обсуждается методика расчета и построения механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором. Этот метод давно известен в производстве любого электродвигателя. Мы постарались упростить этот метод и решили эту задачу проще. Сначала обсуждается теоретический способ решения задачи, а затем приводится практический пример, доказывающий простоту нового метода и реальность расчета.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** асинхронный; фазовый ротор; короткозамкнутый ротор; механические характеристики; расчет и построение характеристик; упрощенный метод.

3. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.-Л., «Энергия», 1966. 400 с.
4. Мартынов М.В., Переслегин Н.Г. Автоматизированный электропривод в горной промышленности. Изд.2, перераб. и доп. «Недра», Москва, 1977. 375 с.

TSERETELI M., RUKHADZE N., TSERETELI I.  
**ASYNCHRONOUS MOTOR MECHANICAL  
CHARACTERISTICS CALCULATION AND  
CONSTRUCTION**

**ANNOTATION.** The method of calculating and building the mechanical characteristics of an asynchronous, phased rotary motor is discussed. This method has long been known in the manual of any electric motor. We tried to simplify this method and solved this task more simply. First discussed the theoretical way of solving the task, and then the practical example proves the simplicity of the new method and the reality of the calculation.

**KEY WORDS:** asynchronous; phase rotor; short-circuited rotor; mechanical characteristics; feature calculation and construction; simplified method.

ზ. კუჭუხიძე, ნ. აბესაძე, გ. შატერაშვილი, გ. ბეინაშვილი, ს. მურჯიკენელი

**შენობა-ნეგებობებზე აფეთქებით გამოწვეული სეისმური რხევების ზემოქმედების ანალიზი**

*ანოტაცია. სტატიაში წარმოდგენილია სხვადასხვა ტიპის ქანებსა და შენობა-ნაგებობების კედლებზე სეისმური რხევების ზემოქმედებით გამოწვეული დეფორმაციის მაგალითები. მათზე მოქმედი შეკუმშვა-გაჭიმვის, ძვრის და მღუნავი ძალების ანალიზი. მოყვანილია პარამეტრები, რომელთა დაცვა საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ აფეთქების ენერჯით გამოწვეული ნგრევის საფრთხე.*

**საკვანძო სიტყვები:** აფეთქება, სეისმურობა, მუხტი, ჭაბურღილი, რხევის სიხშირე.

დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ არსებობს სხვაობა რხევების სიხშირეებს შორის გრუნტში და ზედაპირზე, ამასთან ერთად მაგარი ქანები იძლევა უფრო მაღალი სიხშირის რხევებს, ვიდრე ფხვიერი. როცა შენობის ფუნდამენტზე მოქმედებენ აფეთქებით გამოწვეული რხევები, ისინი უშუალო ზემოქმედებას ახდენენ კედლებზე, რაც მათ დეფორმაციას იწვევს. კედლის დაზიანება შეიძლება გამოიწვიოს გაჭიმვამ, ძვრამ ან ღუნვამ. ამასთან განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს თვითონ კედლის სიხშირისა და მასზე მოქმედი რხევის სიხშირის  $f_0$  - ის ფარდობა. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია დაუშვათ, რომ ადგილობრივ დაზიანებასა და სტატიკურ წნევებს შეუძლიათ შეამცირონ წინააღობის ზღვარი, რაც რადიკალურად ცვლის ობიექტის მდგრადობის პირობებს. ამიტომ, შესაძლებელია იმის მტკიცება რომ ნგრევის კრიტერიუმი წარმოადგენს გამოსახულებას:

$$S(\alpha, \beta, \gamma) = const Af^\alpha C^{-\beta} f_0^{-\gamma} \quad (1)$$

სადაც:  $A$  - დასაკვირვებელი სეისმური ტალღის ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური ძვრის მდგენელი ( $A_1, \dots$  და  $A_2$  შესაბამისად);  $f$  - ამპლიტუდის სიხშირე;  $C$  - კოეფიციენტი, დამოკიდებული დეფორმაციის გავრცელების სიგრძეზე, მაგალითად: ტალღების გავრცელების სიჩქარე გრუნტში, ან ტალღების გავრცელების სიჩქარე ნაგებობაში.  $\alpha, \beta, \gamma$  - პირობითი ფუნქცია.

იმ შემთხვევაში თუ განტოლებას მიუსადაგებთ კედელში გავრცელების ტალღას, მაშინ სიმბოლო  $C$  - ის მაგივრად გამოიყენება სიმბოლო  $u$ .  $f_0$  უჩვენებს კედლის სიხშირეს იძულებითი რხევების დროს, რომლის ანალიზი ხდება განტოლება 1-ის საშუალებით. იმ შემთხვევაში, როცა  $f_0$  არ ფუნქციონირებს როგორც კოეფიციენტი, მაშინ  $v = 0$  და  $S(\alpha, \beta, 0)$  აღინიშნება გამოსახულებით:

$$S(\alpha, \beta) = const A \cdot f^\alpha C^{-\beta} \quad (1)$$

ამიტომ კვლევის უპირველესი ამოცანაა  $\alpha$  და  $\beta$  - ს მნიშვნელობის დადგენა სხვადასხვა პირობებისთვის. პრაქტიკული გამოყენებისთვის აუცილებელია დავადგინოთ  $S$  - ის ექსპერიმენტალური სიდიდე, რომელიც შეესაბამება ნგრევის რისკს. შედეგების ანალიზიდან

გამომდინარე, ხშირად შედარება შესაძლებელია  $S$  და  $f$  - ის შორის. თუ გამოვიცხავთ  $f_0$ , მაშინ ნგრევის კრიტერიუმი იქნება:

$$S(\alpha) = const Af^\alpha \quad (1')$$

ვერტიკალური ვიბრაციისას, როცა ტალღის სიხშირე ნაკლებია კედლის ტალღის სიხშირეზე,  $\frac{f}{f_0} < 1$  კედელი

მოდრობს მუდმივი აჩქარებით მთელი თავისი სიმაღლის გასწვრივ. ხოლო, როცა  $a$  - ს მაქსიმალური მნიშვნელობით აჩქარება მიმართულია ქვევით, ზღვრული გაჭიმვა კედელში ტოლია:

$$\varepsilon = \rho \frac{Ha}{E} \quad (2)$$

სადაც:  $\rho$  - კედლის სიმკვრივე;  $E$  - დრეკადობის მოდული;  $H$  - კედლის სიმაღლე.

$$a = 2 \pi f = 4 \pi^2 f^2 A \quad (3)$$

$$\text{ამასთან } u = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ და } f_0 = \frac{u}{4H}$$

ამ მაჩვენებლების შეყვანა განტოლებაში მოგვცემს გამოსახულებას:

$$\varepsilon = \pi f u (2f_0 u) = \frac{\pi^2 f^2 A}{(f_0 u)} \quad (4)$$

ამ შემთხვევაში  $S(2; 1; 1)$  - ია.

თუ გენერირებული რხევის სიხშირე გაცილებით აღემატება კედლის რხევის საკუთრივ სიხშირეს და  $\frac{f}{f_0} > 1$  პირობები სრულიად განსხვავებულია, ამ

შემთხვევაში დრო საკმარისია გრუნტის ერთი ან მეტი რხევისთვის, სანამ შეკუმშვის ტალღა მიაღწევს კედლის ზედა ზღვარს. გრუნტის ვერტიკალურად  $d_v$  -ის მიმართულებით  $dt$  დროში მოძრაობისას ხდება მისი კლასიფიკაცია, როგორც კედლის გაჭიმვა ან შეკუმშვა  $u dt$  - ს გასწვრივ, სადაც  $u$  - კედელზე ტალღის გავრცელების სიჩქარეა. მაშინ ფარდობითი გაჭიმვა იქნება:

$$\varepsilon = \frac{d_v}{udt} = \frac{v}{u} = \frac{2\pi f A}{u} \quad (5)$$

ეს შესაბამისია ნგრევის კრიტერიუმის  $S(1; 1)$  ტიპისთვის, სადაც  $\alpha = 1, \beta = 1$  და  $v=0$ . აქედან

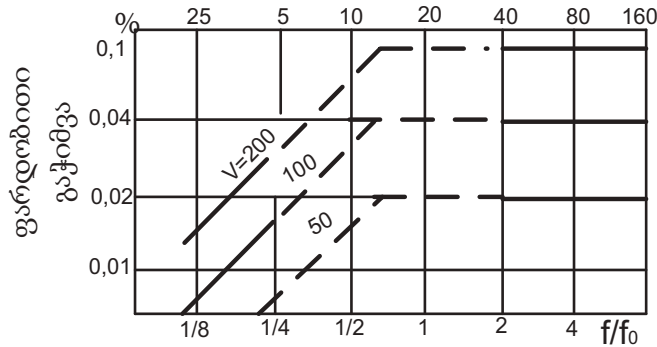
გამომდინარე ნგრევის კრიტერიუმი ფარდობით

გაჭიმვაზე იცვლის მახასიათებელს  $\frac{f}{f_0}$  გამოსახულების

რომელიც გაცილებით მაღლა იქნება განლაგებული ვიდრე მოყვანილია ნახ. 1-ზე. ეს მაჩვენებლები ხელსაყრელია თუ  $v = 50, 100$  და  $200$  მმ/წმ-ბისთვის, ხოლო  $u = 2500$  მ/წმ-ში.

ცვლილებასთან ერთად. ეს გამოსახულება უფრო ნათლად ვლინდება ნახაზ 1-ზე, რომელზეც მოცემულია, როგორც  $\frac{f}{f_0}$  ფუნქცია. თუ  $\frac{f}{f_0} = 1$  მივიღებთ რეზონანსულ პიკს,

სიხშირე  $f (f_0 = 20)$



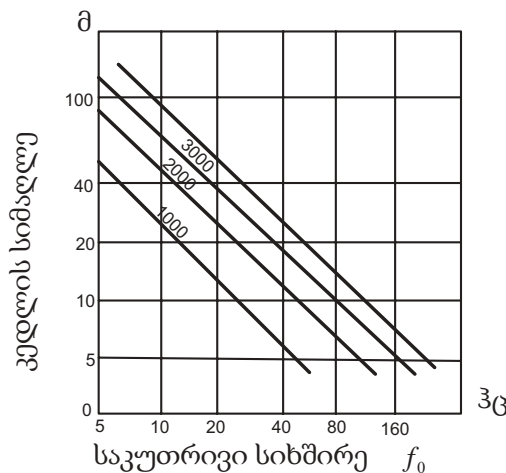
ფარდობითი სიხშირე

ნახ. 1.  $f$  სიხშირისა და კედლის რხევის საკუთრივი სიხშირის  $f_0$  ფარდობითი ფუნქცია 200, 100 და 50 მმ/წმ რხევის სიჩქარის დროს

თუ საჭიროა მონაცემები კედლის საკუთრივი სიხშირის შესახებ, ხდება დიაგრამის შედგენა, მისი როგორც ფუნქციის გამოსათვლელად  $H$  კედლის სიმაღლის და გავრცობის სიჩქარის  $u$  შორის, (ნახ. 2). ჰორიზონტალური სეისმური რხევების მდგენელი ასევე

იდლევა კედელში შეკუმშვა-გაჭიმვის ეფექტს. ტალდა, რომელიც  $C$  სიჩქარით ვრცელდება კედლის მიმართ გრძივი მიმართულებით, ანალოგიურად ვიღებთ კოეფიციენტს  $S(1; 1)$ , ხოლო

$$\varepsilon_1 = \frac{v}{c} = \frac{2 \pi f A}{c} \quad (6)$$



ნახ. 2. საკუთრივი სიხშირე, როგორც კედლის სიმაღლისა და ბერის გავრცელების სიჩქარის ( $u$ ) ფუნქცია

მიწის ზედაპირის გასწვრივ სიჩქარით გავრცელებული ტალდა აღძრავს ვერტიკალურ რხევებს, რომლებიც აჩქარების ეფექტთან ერთად იწვევენ ქანების ძვრას [1]. ეს ეფექტი დამოკიდებულია სიხშირეზე,

ამპლიტუდაზე და ტალღის სიჩქარეზე. ამ დროს ძვრა პირდაპირპროპორციულია და იზრდება  $A$  და  $f$  - ის და უკუპროპორციულად  $c$  -ს მიმართ. ამ დროს ძვრის კუთხის განტოლება იღებს შემდეგ სახეს:



$$v = \frac{dy}{dr} = \frac{v}{c} = \frac{2 \pi f A_1}{c} \quad (6)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ მაქსიმალური ძვრა შესაძლებელია მივიღოთ დაბალი სიჩქარით გავრცელებადი ზედაპირული ტალღების შემთხვევაშიც, რომლის დროსაც მაქსიმალური დაჭიმულობა ვლინდება ტალღური სისტემის მეორე მხარეს.  $f$ ,  $A$  და  $O$  -ის სრულიად განსხვავებული მნიშვნელობებით აისახება განტოლებებში (6) და (6').

ზემოთ ხსენებული ეფექტების გარდა, ვერტიკალური რხევები იწვევენ კედლის ღუნვას, რაც თავის მხრივ იწვევს კედლის ზედა ნაწილის გაჭიმვა-შეკუმშვის ზრდას. ამ ეფექტის მაქსიმალური მნიშვნელობის დადგენა შესაძლებელია გამოსახულებით

$$\delta = \frac{Hd^2 y}{dr^2} = \frac{H \cdot a}{c^2} \quad (7)$$

კედლზე მოქმედი ჰორიზონტალური რხევები, როგორც პარალელური ისე პერპენდიკულური, წარმოქმნის მღურავ რხევას. შეგვიძლია ავლინოთ, რომ ნგრევის კრიტერიუმი ამ შემთხვევაში იქნება  $S(2;2)$  სახის, როგორც (7) განტოლებაში.

ლიტერატურული მონაცემების [1] თანახმად ნგრევა განპირობებულია რხევის ენერჯით:

$$E_{\text{ნ.რ}} = \frac{1}{2} p v^2 \quad (8)$$

მაგრამ ეს კანონზომიერება არ შეიძლება იყოს საერთო. მაგალითად, დაბალი სიხშირის რხევების გადაადგილების

სიჩქარე და, შესაბამისად, ენერჯია შესაძლებელია იყოს მაღალი, ამავე დროს აჩქარება - მცირე. ამ შემთხვევაში ისევე, როგორც გადაადგილების მუდმივი სიჩქარის დროს, არ იარსებებს ნგრევის გამომწვევი მიზეზი, ისევე როგორც რხევის მუდმივი სიჩქარის დროს, ვინაიდან რხევის ენერჯია არ გარდაიქმნება რაიმე სხვა სახის ენერჯიაში.

შესაძლებელი ახსნა, რომელსაც მივყავართ ნგრევის კრიტერიუმთან  $S(1;0)$ , წარმოადგენს ის, რომ განსაზღვრული აჩქარების ზემოთ ეფექტი აჩქარების და  $A$  გადაადგილების პროპორციულია.

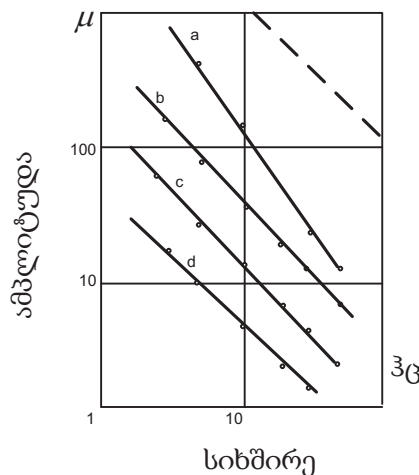
სხვა ფაქტორებს, რომლებიც შეიძლება გახდეს კვლევის საგანი, წარმოადგენს ენერჯის რაოდენობა, რომელიც გროვდება და იკარგება დროის ერთეულში და რაოდენობით

$$W = pva = \text{const} A^2 f^3 \quad (9)$$

$S\left(\frac{3}{2}\right)$  ტიპისთვის, ასევე ისეთ მახასიათებელს, როგორიცაა  $\left(\frac{1}{\pi}\right)va$  სიდიდე.

აფეთქებითი სამუშაოების ჩატარების დროს უნდა ვითვალისწინებდეთ სეისმური რხევების სუბიექტური აღქმის ეფექტს. კონფლიქტების უმრავლესობა ამფეთქებელსა და მის გარემოცვას შორის წარმოიქმნება იმის გამო, რომ არასპეციალისტს გამოაქვს არასწორი დასკვნა აფეთქებით გამოწვეული ნგრევის საშიშროების შესახებ. ამის გარდა აფეთქების ეფექტი განიხილება, როგორც ზოგადად არასასიამოვნო მოვლენა.

ადამიანის რეაქცია აფეთქებით გამოწვეულს რხევებზე მოცემულია ნახაზზე 3.



ნახ. 3. გრუნტის რხევების სუბიექტური შეფასება რეიჰელის და მაისტერის გათვლების მიხედვით

ნახაზზე ნაჩვენებია, აფეთქებით გამოწვეული სუსტად შესამჩვევი ეფექტი (a), შესამჩვევი (b), გამაღიზიანებელი (c) და არასასიამოვნო (d). ეს მონაცემები მნიშვნელოვანია, როცა საქმე ეხება ჩივილებს სეისმური რხევების საშიშროების თაობაზე. დიაგრამა გვიჩვენებს, რომ ადამიანი ჩვეულებრივ რეაგირებს საშიშროებაზე გაცილებით ადრე, ვიდრე ეს საშიშროება ჩნდება

(პუნქტირის ხაზი). ზემოთ განხილული, აფეთქებით გამოწვეული სეისმური ტალღის ზემოქმედების თავიდან აცილების ალტერნატივას წარმოადგენს (4)-(9) განტოლებებთან შესაბამისობა.

$$S(\alpha, \beta) = \text{const} A f^{-\beta} \quad (10)$$

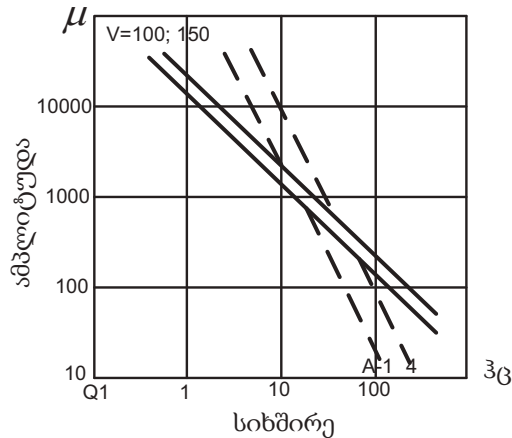
როცა  $\alpha = 1; 3/2$  და  $2$ , ხოლო  $\beta = 0$  და  $\beta = 1$ .

წინასწარ აღნიშნული იყო, რომ დაბალ სიხშირეებზე ( $f < 10$  ჰც) ნგრევის რისკი დიდია ვინაიდან  $S(1;1)$  და რომ აჩქარება  $S(2;0)$  ან  $WS(3/2;0)$  პირობებისთვის ვერ აღწევს ისეთ საკმარისად მაღალ მაჩვენებელს, რომ შეიქმნას ნგრევის საშიშროება იმ დრომდე, სანამ არ მივიღებთ  $S(1;1)$  მაჩვენებელს.

ამპლიტუდასა და სიხშირის დამოკიდებულება და

ზოგიერთი მნიშვნელობისთვის მოყვანილია ნახაზზე 4. ნახაზიდან ჩანს, რომ  $v$  სიდიდე პროპორციულია  $S(1;1)$  შორის ფარდობა და  $a$  - ს პროპორცია  $S(2;0)$ -თან იცვლება სიხშირესთან ერთად, ხოლო  $S(1;1)$  დომინირებს დაბალი სიხშირეების დროს.

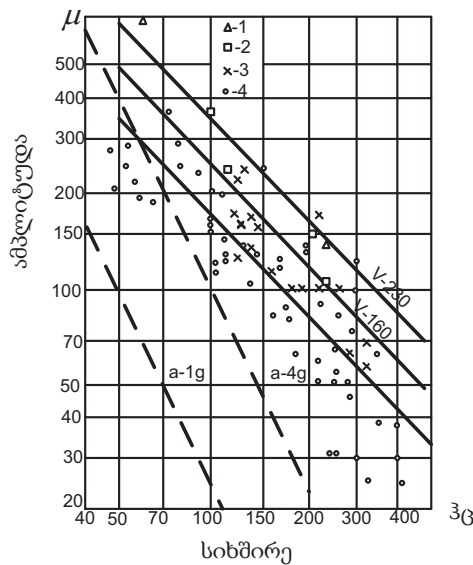
$S(2;0)$  მიღებული იყო დაბალ სიხშირეებზე  $f < f_0$ .  $f$ -ის მაღალი მაჩვენებლებისთვის მიიღება სხვა პირობები, რომელთაც მიყვავართ  $(1;1)$ -თან. ბუნდოვანი რჩება მხოლოდ  $f \approx f_0$  დროს.



ნახ. 4. დამოკიდებულება ამპლიტუდას და სიხშირეს შორის

ლიტერატურაში ნგრევის კრიტერიუმად ითვლება  $S(2; 1; 1)$ -ს,  $S(1; 1)$  და შესაძლებელია  $S(1; 0)$ , მაგრამ არა  $S(3/2; 0)$  კრიტერიუმი.  $S(1; 1)$  ან  $S(1; 0)$ -სთვის, ეს

გამომდინარეობს პრაქტიკული დაკვირვებებიდან და ნათლად ჩანს ნახაზზე 5, სადაც დამანგრეველი ეფექტი 50-400 ჰც ფარგლებში, ამპლიტუდა - სიხშირეს დიაგრამაზეა მოყვანილი.



ნახ. 5. დამოკიდებულება ამპლიტუდას, სიხშირეს და დაზიანებებს შორის:

1 - მნიშვნელოვანი ნაპრალების წარმოქმნა,  $\Delta$ ; 2 - ნაპრალების წარმოქმნა,  $\square$ ; 3 - წვრილი ნაპრალები, ბათქაშის ჩამოყრა,  $\times$ ; 4 - შესამჩნევი დაზიანებების გარეშე,  $\circ$ ;  $v$  - სიჩქარე, მმ/წმ;  $a$  - აჩქარება,  $g$

დიაგრამაზე წარმოდგენილია ამპლიტუდები და სიხშირეები, რომლებიც შეესაბამება რხევების მუდმივ სიჩქარეს  $v = 230, 160, 110$  მმ/წმ ან რხევების სიჩქარის ფარდობას  $\frac{v}{c} = 77, 53$  და  $37$  მმ/მ. პუნქტირული ხაზებით

აღნიშნულია მუდმივი აჩქარების მაჩვენებელი  $a=1g$  და  $4g$ . მონაცემები მიღებულია ჩვეულებრივი საცხოვრებელი სახლებისთვის, ამენებულს კლდოვან ქანებზე, სადაც

წესით არ უნდა იყოს ტალღის სიჩქარის დიდი მერყეობა ( $c \approx 3000$  მ/წმ). სავსებით გასაგებია, რომ ამ სიხშირეებზე ნგრევის კოეფიციენტი პირდაპირპროპორციულია რხევის ფარდობითი სიჩქარის და არა აჩქარების [1].

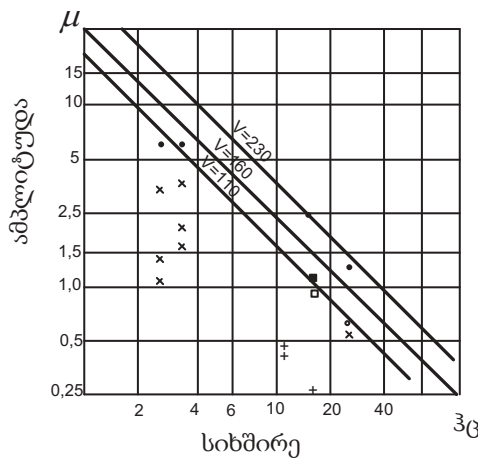
კლოდავან ქანებზე ამენებული შენობების ნგრევის საშიშროების მონაცემების მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

კლოდავან ქანების საფუძველზე ამენებული შენობა-ნაგებობების ნგრევის რისკები ( $c \approx 3000$  მ/წმ)

$\frac{v}{c}$ მმ/მ	$v$ მმ/წმ	შედეგები
25	75	არ არის შესამჩნევი ნაპრალები
33	100	მცირე ზომის ნაპრალები, ბათქაშის ჩამოყრა
50	150	ნაპრალები
75	225	სერიოზული ნაპრალები

ქვიშნარ და თიხოვან გრუნტზე ამენებული ნაგებობები შეესაბამება ცხრილი 1-ში მოყვანილ შედეგებს 2,5 ჰც-ზე დაბალი სიხშირეებისთვის, (ნახაზი 6). ასეთ გრუნტში  $c$  ტალღის გავრცელების სიჩქარე შეადგენს, მაგარ ქანებში გავრცელების სიჩქარის 2/3-ს. როცა ფაქტორს  $\frac{v}{c}$  აქვს ნგრევის გამოწვევისთვის გადაწყვეტი მნიშვნელობა, მაშინ რხევის



ნახ. 6. დამოკიდებულება ამპლიტუდას, სიხშირეს და დაზიანებებს შორის დაბალი სიხშირეებისათვის

სიჩქარეები მოყვანილი ცხრილში 1, როგორც მოსალოდნელია 1/3-ით ნაკლები იქნება ქვიშნარ და თიხოვან ნიადაგში და ჩვენ მივიღებთ  $v=50$  მმ/წმ მაჩვენებელს, რაც შეესაბამება გრაფას „შესამჩნევი ნაპრალების არ არსებობა“.

დაკვირვების შედეგად დადგენილია, რომ ნგრევა შესაძლებელია ტალღის სიჩქარის 50 მმ/წმ ნიშნულამდე - კი. საქმე გვაქვს ქვიშა-თიხნარის გრუნტებში ტალღების მცირე სიჩქარით გავცელებასთან, რომელიც შეადგენს კლოდავან ქანებში გავრცელების 2/3-ს. შესაბამისად გათვალისწინებული უნდა იყოს არა მარტო რხევის სიჩქარე, არამედ ტალღის გავრცელების სიჩქარეც. ეს სიჩქარე დამოკიდებულია გრუნტის მახასიათებლებზე. ნგრევის კრიტერიუმად მიღებულია  $S(1:1) = \frac{v}{c}$ .

ასევე შესაძლებელია შეგვხვდეს  $\frac{v}{u}$  ტიპის ნგრევის

ფაქტორი მაშინაც, სადაც  $u$  - ნაგებობაში ტალღის გავრცელების სიჩქარეა. ეს ფაქტორი გვამღვეს დამანგრეველ ეფექტს იმ შემთხვევაშიც, როცა  $v$  თანაბარია ორ სხვადასხვა ნაგებობაში  $u$  -ს ერთნაირი მაჩვენებლის დროს.

**ლიტერატურა**

1. Лангефорс Х., Кильстром К. Современная техника взрывной отбойки горных пород. «Недра», Москва, 1968. 207 с.

КУЧУХИДЗЕ З.К., АБЕСАДЗЕ Н.А., ШАТБЕРАШВИЛИ Г.Г., БЕИНАШВИЛИ Г.Г., МУРДЖИКНЕЛИ С.К.  
**АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВЗРЫВОМ**

KUCHUKHIDZE Z., ABESADZE N., SHATBERASHVILI G., BEINASHVILI G., MURDJIKNELI S.  
**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SEISMIC VIBRATIONS CAUSED BY EXPLOSION ON BUILDINGS**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассматриваются примеры воздействия на стенки зданий взрывных работ и вызванных ими сейсмических колебаний, распространяющихся в грунте разного типа. Проводится анализ воздействия на них сил сжатия, растяжения и сгибания. Даются параметры, соблюдение которых даст возможность избежать разрушение зданий, разрушаемых энергией взрыва.

**ANNOTATION.** The article provides the examples of the influence of deformation, caused by seismic vibrations in different types of rock, on the walls of buildings, analysis of compression and stretching, bending and shearing forces acting on them. There are given the options that can be used to protect you from the risk of explosion energy induced destruction.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** взрыв; сейсмика; заряд; скважина; скорость колебания.

**KEY WORDS:** explosion; seismic; charge; well; oscillation speed.

ჟაკ 541.427. 6: 622. 235. 2

აკად. დოქტორი მ. ნადირაშვილი, ნ. აბესაძე  
**ქიმიის მნიშვნელობა სამხედრო საქმეში**

*ანოტაცია. სტატია შეეხება სამხედრო საქმეში ქიმიის მეცნიერების როლს. ქიმიას, სამხედრო მეცნიერებასთან შეხების დიდი არეალი გააჩნია, რაც მის მნიშვნელობას განსაკუთრებულად ზრდის. სტატიაში მოტანილია კონკრეტული მაგალითები ქიმიური ნივთიერებების სხვადასხვა კლასების, ასევე პრაქტიკული ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენების, როგორც ომისათვის მზადების პერიოდში, ასევე საომარი მოქმედებების დროს.*

*საკვანძო სიტყვები: ომი; ქიმია; სამხედრო მეცნიერება; ფეთქებადი ნივთიერებები; სინთეზური ბენზინი.*

**შესავალი**

კაცობრიობის ისტორიაში ომებს, სამწუხაროდ, უმნიშვნელოვანესი ადგილი უკავიათ. დაპყრობითი ან თავდაცვითი ომები, რევოლუციები, რელიგიური, ეთნიკური დაპირისპირებანი, ე.წ. „ახალი პოლიტიკური წესრიგის“ თავსმოხვევა – ექსპანსია, აი გონიერი ადამიანის (Homo Sapiens) სამკვდრო-სასიცოცხლო დაპირისპირებათა არასრული „პალიტრა“ ...

ფაქტია, რომ ათასეული წლების მანძილზე ადამიანებმა ვერ ისწავლეს მშვიდობიანი თანაარსებობა. თვით ცივილიზებული ეპოქის ხალხებიც კი ომების თავიდან აცილებას ვერ ახერხებენ. ამის მაგალითად, გასულ საუკუნეში, ევროპაში დაწყებული ორი მსოფლიო ომის გახსენებაც საკმარისია, როდესაც უდიდესი კულტურის მქონე გერმანიაში არსებულმა პოლიტიკურმა სისტემამ, ევროპელ სატელიტ-თანამოაზრეებთან ერთად ნახევარი მსოფლიო სიკვდილისა და წგრევისათვის გაიმეტა... ამიტომ, დღესაც აქტუალურია ფრაზა - „გინდა მშვიდობა?! ემზადე ომისათვის!“

მეცნიერული განმარტებით, ომი არის პოლიტიკის გაგრძელება იარაღის, ძალის გამოყენებით. ის ექსტრემალური მოვლენაა ქვეყნებისა და ხალხებისათვის, და შესაბამისად, უდიდესი ძალისხმევა, ადამიანური, მორალური და მატერიალური რესურსების მაქსიმალური

მოზილიზება სჭირდება.

**სამხედრო საქმე** არის სამხედრო თეორიისა და პრაქტიკის ყველა საკითხის მომცველი კრებლთი ტერმინი, რომელიც გულისხმობს სახელმწიფოს შეიარაღებული ძალების მშენებლობის, მომზადებისა და მოქმედების უზრუნველყოფას, როგორც მშვიდობიანი, ასევე საომარი პერიოდისათვის.

**სამხედრო მეცნიერება** არის ცოდნის სისტემა სამხედრო მშენებლობაზე, იგი ეფუძნება **საზოგადოებრივ-პოლიტიკურ, საბუნებისმეტყველო და ტექნიკურ** მეცნიერებათა მიღწევებს. დღეს მსოფლიოს ის არმიებია წარმატებული, რომლებიც სამხედრო საქმეს თანამედროვე სამეცნიერო მიღწევების გამოყენებით წარმართავენ.

იმ ფუნდამენტურ – საბაზისო მეცნიერებათა შორის, რომლებზეც დგას სამხედრო საქმე, ქიმიას გამორჩეული ადგილი უკავია. ამ მეცნიერებას ეფუძნება მრავალი სტრატეგიული და ტაქტიკური საკითხის გადაჭრა ომისათვის მზადებისა და საომარი მოქმედებების დროს. მეტიც, ხშირად ის სახელმწიფოთაშორისი პოლიტიკის განმსაზღვრელიცაა. რა იძლევა ამის თქმის საფუძველს?

1915 წელს, ბელგიის ქალაქ იპრთან, გერმანელებმა ფრანგების წინააღმდეგ აირადი ქლორი გამოყენეს, რაც **ქიმიური ომის** პირველი პრეცედენტი იყო. ცხადია, ვერსალის ზავის „არტახეზში“ გერმანიის მოქცევისას, ამ ბარბაროსობასაც მიუძღვოდა წვლილი. მეორე მსოფლიო ომში იმავე გერმანელებმა ასიათასობით ტყვე გაანადგურეს მომწამლავი ნივთიერებით „ციკლონ-ბ.“ ეს „ქიმიური“ ეპიზოდები ერთ-ერთი უმძიმესი იყო იმ ბრალდებათაგან, საერთაშორისო ტრიბუნალმა რომ წაუყენა ფაშისტებს ნიურნბერგში. მართალია, ჟენევის (1925) და სხვა კონვენციებით ქიმიური იარაღის ომში გამოყენება აკრძალულია, მაგრამ, როგორც ჩანს, კონვენციები აგრესორებს ვერ აჩერებენ, რაც, შედარებით ახლო წარსულში სირიაში მომწამლავი ნივთიერებების გამოყენების ფაქტებმაც დაადასტურა... ამიტომ, საჭიროა, ქიმიური ომის შემთხვევაში, მისი შედეგების

გაუვნებლყოფა ანტიდოტებით, სხვა ქიმიური საშუალებებით...

**მსგავსი მაგალითები გვხვია.** ამით, იმის ხაზგასმაც ვსურს, რომ ქიმიური ომის პრობლემა ერთი რომელიმე ქვეყნის ფარგლებს სცილდება და მსოფლიო პრობლემად გვევლინება.

**ქიმიკა და ატომური ენერჯის დასაწყისი.** ზოგჯერ, ქიმიკა ეპოქალური აღმოჩენების გზამკვლევიც გამხდარა, რის მაგალითად ურანის ატომბირთვის გახლეჩის ისტორიაც ვმარა. ამ უმნიშვნელოვანეს მეცნიერულ აღმოჩენას წინ უსწრებდა რადიოაქტივობის (1896, ანრი ბეკერელი), ნეიტრონის (1932, ჯეიმს ჩედვიკი) ხელოვნური რადიოაქტივობისა (1934, ირენ კიური, ფრედერიკ ჟოლიო) და სხვა უდიდესი აღმოჩენები.

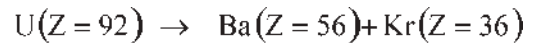
როგორც ცნობილია, ნელი ნეიტრონებით ბომბარდირებისას, ურანის ატომბირთვი  $U^{235}$  ატომგულურ გარდაქმნებს განიცდის.

1934 წელს, იტალიელი ენრიკო ფერმის მიერ განხორციელებული ეს პროცესი დიდი ენერჯის გამოყოფით წარიმართა. ანალოგიური შედეგები მიიღეს ოტო ჰანის ჯგუფმა ბერლინში, ირენ და ფრედერიკ ჟოლიო-კიურებმა - პარიზში... ყველამ შენიშნა ნეიტრონის მოქმედების ეფექტი, თუმცა პროცესის მექანიზმის ასხნა ვერავინ შეძლო.

თავდაპირველად, ცნობილ მეცნიერ-ატომისტებს, მათ შორის ენრიკო ფერმისაც, მიაჩნდათ, რომ ურანის ატომგულური გარდაქმნით მასით ახლოს მდგომი ტრანსურანული ელემენტები მიიღებოდა, რაც შემდგომში არ დადასტურდა.

ამის შემდეგ, გერმანელმა ქიმიკოსებმა იდა და ვალტერ ნოდაკებმა, ნეიტრონის ზემოქმედებისას ურანის ატომბირთვის ორ მსხვილ „ნატეხად“ - ცნობილი ელემენტების იზოტოპებად გაყოფა ივარაუდეს. ფიზიკოსებმა, პირველ რიგში კი - ფერმიმ, ეს ჰიპოთეზა არ გაიზიარეს. ასე გაგრძელდა 1938 წლის ბოლომდე, ვიდრე ოტო ჰანმა, რადიაციული ქიმიის უზადლო სპეციალისტმა, წერტილი არ დაუსვა ამ გაურკვეველობას: სკრუპულოზური ექსპერიმენტებით მან აღმოაჩინა, რომ

ნეიტრონი ურანის ატომბირთვს ორად - ბარიუმისა და კრიპტონის ატომბირთვებად ყოფს. ურანის ბირთვის პროტონები ნაწილდება „შვილობილ“ ატომებში:



ამრიგად, ის რაც ფიზიკოსებმა ვერ შენიშნეს, ქიმიკოსებმა ივარაუდეს და ექსპერიმენტულად დაადასტურეს. გარდა ამისა, მარტივი ნივთიერება ურანისაგან ორი ახალი მარტივი ნივთიერების (Ba, Kr) წარმოქმნა არის **ატომგულურ დონეზე** მიმდინარე **ქიმიური პროცესი** [1, 2].

**ქიმიკა და საომარი სტრატეგია.** სტრატეგიული ამოცანების გადაჭრაში ქიმიის მონაწილეობას, ხშირად, ომის ბედზეც შეუძლია გავლენა მოახდინოს. აი ორიოდ მაგალითი:

მეორე მსოფლიო ომის ბოლოს, როდესაც გერმანიას სატელიტი ქვეყნები და მათ შორის ნავთობით მდიდარი რუმინეთი ჩამოსცილდა, ეს ქვეყანა აღმოჩნდა მოტორული საწვავის მკვეთრი დეფიციტის წინაშე. ქვანახშირით მდიდარმა გერმანიამ, რომელსაც ყოველთვის უძლიერესი ქიმიკოსები ჰყავდა, ეს პრობლემა იოლად გადაჭრა ფრანგ ფიშერისა და ჰანს ტროპშის მიერ, XX ს. 20-იან წლების დასაწყისში აღმოჩენილი სინთეზის წყალობით: კონკრეტულად, მათ ქვანახშირის კატალიზური „გათხევადებით“ მიიღეს სინთეზური ბენზინი - სინტინი [3]. პროცესის ქიმიზმი ასეთია:

პირველ ეტაპზე, გავარვარებულ ქვანახშირზე გადახურებული წყლის ორთქლის გატარებით მიიღება ე.წ. „წყალგაზი“, ნახშირბადის მონოქსიდის, ანუ მხუთავი გაზისა და წყალბადის ნარევი:



ამავე ნარევის **სინთეზგაზსაც** უწოდებენ. ის, უშუალოდ, შეიძლება გამოყენებულ იქნას აირად საწვავად.

ფიშერ-ტროპშის პროცესის მეორე ეტაპი ნახშირბადის ოქსიდის აღდგენითი **ოლიგომერიზაცია**:



პროცესის კატალიზატორებია რუთენიუმი - Ru, კობალტი - Co, რკინა - Fe, ნიკელი - Ni. ამ უკანასკნელით, ატმოსფერულ წნევაზე, ძირითადად მეთანი მიიღება.

1944 წელს გერმანიამ აწარმოა 6 მილიონი ტონა სინტინი, რითაც ომის თითქმის ერთი წლით გახანგრძლივება შეძლო.

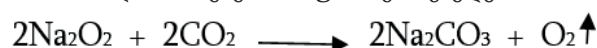
კურსკის ბრძოლის წინ, რომელიც ერთ-ერთი გრანდიოზული იყო მეორე მსოფლიო ომის მსვლელობაში, ი.სტალინის აჩვენეს ახალი „იაკ-9“ გამანადგურებლების ფრთის გარსაცმები, რომლებიც უხარისხო წებოთი და ნიტროსაღებავით იყო გაკეთებული და ჰაერთან შეხებისას სკდებოდა. **ამ საბანაპო შემთხვევის ბაზო**, მთელი გამანადგურებელი ავიაციის ოპერაციაში მონაწილეობა საეჭვო გახდა. **ბანსაპოტირებული** ღონისძიებების

გატარებით, პირველ რიგში ხარისხიანი ქიმიური მასალის გამოყენებით, მოხერხდა ამ დეფექტის გამოსწორება, რასაც გერმანელთა დამარცხება მოჰყვა.

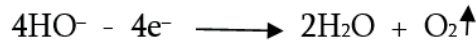
ასეთი მაგალითებიც მრავლადაა.

**ქიმიის როლი სამხედრო-ტექნიკურ ამოცანების გადაჭრაში.** სამხედრო საქმეში ლოკალური ამოცანების გადაჭრაც, ხშირად, ქიმიური ნივთიერებების გამოყენებას მოითხოვს, მაგალითად:

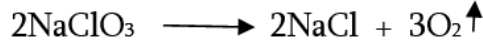
1. ატომურ წყალქვეშა ნავს შეუძლია თვეობით არ ამოცურდეს წყლის ზედაპირზე - მის ძრავს ჟანგბადი არ სჭირდება. ეკიპაჟისათვის საჭირო ჟანგბადის რეგენერაცია კი მარტივ ქიმიურ რეაქციებს ეფუძნება. მაგალითად, ნატრიუმის პეროქსიდისა და ნახშირბადის დიოქსიდის ურთიერთქმედება:



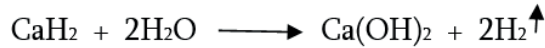
ნატრიუმის სულფატის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს ანოდზე ჰიდროქსილის ანიონების განმუხტვა:



ე.წ. ქლორატ-სანთლების დაწვისას მასში არსებული ნატრიუმის ქლორატის დაშლა:



2. ტუტე მეტალების ჰიდრიდები წყალთან რეაქციით აირად წყალბადს გამოყოფენ:



მეორე მსოფლიო ომის დროს, ოკეანის თავზე ავარიისას, ამერიკელი მფრინავები ამ გზით მიღებული წყალბადით ავსებდნენ გასაბერ ნავებს, ჟილეტებს, სასიგნალო ანტენებს, რაც მათი გადარჩენის რეალური შანსი იყო.

3. სამხედრო ტექნიკას, მოტორულ საწვავთან ერთად, ავტონომიური ელექტრული ენერჯიაც ესაჭიროება. ამისათვის იყენებენ ტუტე- და მჟავა აკუმულატორებს, გალვანურ ელემენტებს და ა.შ. ელექტროქიმის დახმარებით შექმნილია ელექტროდენის გენერაციის თანამედროვე აპარატურა მაღალი მ.ქ.კ.-ით და მოხმარების სიადვილით.

4. დედამიწის წიაღში ნავთობის მარაგის ამოწურვის პერსპექტივას ქიმიკოსები, სინტინის შექმნის გარდა, შიდაწვის ძრავაში წყალბადის გამოყენების იდეითაც პასუხობენ. ამ აირისა და ჟანგბადის შენახავი 2:1 პროპორციით არის უძლიერესი ფეთქებადი ნარევი - ე.წ. „მგრგინავი“ აირი. წყალბადის ამოწურავი მარაგი მსოფლიო ოკეანეა. რაც შეეხება „გამონახობლქვს“, ეს სხვა არაფერია, თუ არა ეკოლოგიურად სუფთა წყლის ორთქლი. საჭიროა, „მხოლოდ“, მოიძებნოს წყალბადის მიღების იაფი მეთოდი...

**ოქტანული ნივთიერებები.** დედამიწაზე არსებული ქიმიური ელემენტებისა და მათი ნაერთების კლასიფიკაცია ბევრნაირია, თუმცა ორ ელემენტს - ნახშირბადსა და სილიციუმს, განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ გარემომცველ სამყაროში. არაცოცხალ ბუნებაში დომინირებს სილიციუმი. დედამიწის ქერქში, მთის ქანებში, მინერალებში არსებული ნივთიერებები უმეტესად სილიციუმის ნაერთებია.

რაც შეეხება ცოცხალ ბუნებას, ის ნახშირბადის შენაერთების სამყაროა, რომლის მასშტაბები ბევრად უფრო შთამბეჭდავია.

ორგანულ ნივთიერებებს შეისწავლის ორგანული ქიმია. მათში ცენტრალური ელემენტი ნახშირბადია. მასთან ერთად, ორგანული მოლეკულები შეიცავენ ე.წ. ელემენტ-ორგანოგენებსაც: წყალბადს - H, ჟანგბადს - O, აზოტს - N, გოგირდს - S, ფოსფორს - P, ჰალოგენებს - Hal.

ორგანული ნაერთების მიღების უმნიშვნელოვანესი მეთოდი სინთეზია. ორგანულ სინთეზს, პრაქტიკულად, უსაზღვრო შესაძლებლობები გააჩნია. დღეისათვის ცნობილი მილიონობით ორგანული ნივთიერება, სულაც არ არის ბევრი იმასთან შედარებით, რისი შექმნაც პოტენციურად არის შესაძლებელი. ამასთან, ბუნებრივი ორგანული ნაერთების გამოყოფა და შესწავლა ბევრად ჩამორჩება რაოდენობით - სინთეზურისას.

სინთეზის გზით შესაძლებელია, არამხოლოდ ინსულინის, ქინაქინის, ინდიგოს, კაუჩუკისა და სხვათა

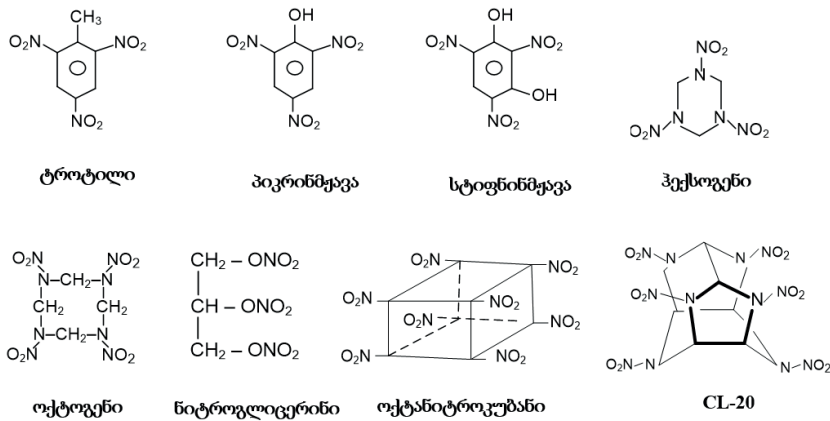
„კოპირება“, არამედ - ბუნებაში არარსებული უამრავი ახალი ნივთიერების შექმნაც. აქ „უამრავი“ - შედარებით მოკრძალებული სიტყვაა.

ორგანული ნაერთების სიმრავლის მიზეზი, პირველ რიგში, არის ნახშირბადის ქიმიური ბუნება, მაღალი ვალენტობა, უნარი, შექმნას ქიმიური ნაერთები მრავალ ელემენტთან, გადაეხას ერთმანეთს გრძელ ჯაჭვებად ქიმიური ბმებით. ქიმიური აგებულების თეორიამ ახალი იმპულსი შესძინა **იზომერიის** მოვლენას, რომელსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ორგანულ ქიმიაში. ნახშირწყალბადებშიც კი, რომელთა მოლეკულები მხოლოდ C და H - ატომებისაგან შედგებიან, იზომერიის გამო ქიმიური ინდივიდუუმების უზარმაზარი რაოდენობაა შესაძლებელი. მაგალითად, თუ ბუთანს აქვს ორი იზომერი,  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$  ნახშირწყალბადს - 366319. ეს ნიშნავს, რომ ატომთა „კომპლექტს“, რომელიც 20 ნახშირბადისა და 42 წყალბადატომისაგან შედგება 366319 განსხვავებული შეერთებით ამდენივე ნივთიერების მოცემა შეუძლია. უფრო მეტი იზომერები აქვთ ნახშირწყალბადების ნაწარმებს. ქიმიის თეორიამ და სინთეზის პრაქტიკამ დაამტკიცა, რომ ამ ნივთიერებებს რეალობად აქცევს წარმატებული სინთეზი [4].

ქიმიკოს-ორგანიკოსებმა შეძლეს ასიათასობით სინთეზური ნივთიერებების სასარგებლო თვისებების შესწავლა და ადამიანის სამსახურში ჩაყენება, რაც უდავოდ, ეპოქალური მოვლენაა მეცნიერებაში.

**ფთხბაზი ნივთიერებები, ძიმიური სინთეზი.** სამხედრო საქმეში ორგანული ნივთიერებების როლი განუზომელია. საომარ მანიპულაციებს მჭიდროდ უკავშირდება ფიზიკო-ქიმიური პროცესი, რომელსაც **აფეთქებას** ვუწოდებთ. აფეთქება, უდიდესი ენერჯის მყისიერი გამოყოფაა, ანუ ხატოვანად თუ ვიტყვით, ეს არის „დროში კონცენტრირებული“ ენერჯია.

აფეთქების უნარი ფეთქებადი ნივთიერებების (ფნ) დამახასიათებელი თვისებაა. ბუნებაში ფნ-ების მხოლოდ თითოეულ ჩამოსათვლელი რაოდენობა თუ გვხვდება. მათი უდიდესი უმრავლესობა **ქიმიური სინთეზის** გზით იწარმოება. ამ მეთოდითაა მიღებული ათასობით ფნ, რომლებიც ორგანული ნივთიერებების სხვადასხვა კლასებს მიეკუთვნებიან. ქვემოთ მოყვანილია პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებული, ზოგიერთი მათგანის ფორმულები. კერძოდ, არომატული რიგის **პოლინიტრონაერთები** - ტროტილი, პიკრინმჟავა, სტიფნიმჟავა; **ნიტრამინები** - ჰექსოგენი, ოქტოგენი; აზოტმჟავას ესტერები - ნიტროგლიცერინი, ნიტროცელულოზა და ა.შ. XX საუკუნის ბოლოს აშშ-ში სინთეზირებულია ოქტანიტროკუბანი და ჰექსანიტროჰქსაზანიზოვიურციტანი, ანუ CL-20:



უკანასკნელი ორი ფნ-ის აფეთქებითი მახასიათებლები უმაღლეს ნიშნულს აღწევს [5, 6].

**კაუჩუკი და რეზინი.** თანამედროვე სამხედრო მანქანა, პირდაპირი და არაპირდაპირი გაგებით, დგას კაუჩუკისა და მისი ნაწარმის - რეზინის პროდუქტიაზე.

დღეისათვის, ამ ორი უმნიშვნელოვანესი პროდუქტის წარმოება მსოფლიოში ათეულ მილიონობით ტონას შეადგენს. მათ გარეშე წარმოადგენელია ტრანსპორტი, მათ შორის სამხედრო ტექნიკა, ავიაცია.

თითქმის 500 წლის წინ, ქრისტეფორე კოლუმბი კუნძულ ჰაიტს მიაღწა. გაეცნო რა, ადგილობრივ წეს-ჩვეულებებს, ის მიწვეულ იქნა ნაციონალურ გართობაზე, რაც სხვა არაფერი იყო თუ არა თანამედროვე ბურთის თამაში. ბურთი დამზადებული იყო ტროპიკული მცენარის, ჰევეას რძისმაგვარი წვეწისაგან (თანამედროვე ლატექსი), რომელიც აბორიგენტთა ენაზე იწოდებოდა

„კაო ჩოუ“ („ხის ცრემლები“). აქედან მომდინარეობს სახელწოდება **კაუჩუკი**.

ნატურალური კაუჩუკის 96 % ჰევეასაგან მიიღება. ეს მცენარე გავრცელებულია ე.წ. „კაუჩუკის სარტყელში“ - ეკვატორიდან ჩრდილოეთით და სამხრეთით 1300 კმ სიგანის ზოლში.

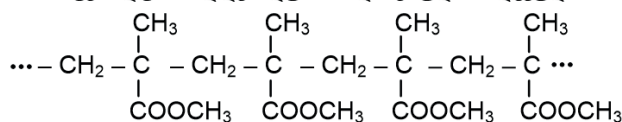
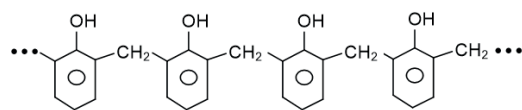
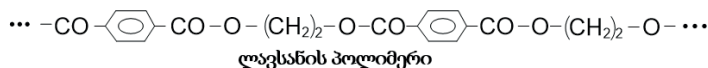
XIX საუკუნეში მკვეთრად გაიზარდა მოთხოვნილება ბუნებრივ კაუჩუკზე. საჭირო გახდა კაუჩუკის ქიმიური შედგენილობის დადგენა და სინთეზი. აღმოჩნდა, რომ ეს ნივთიერება მხოლოდ ნახშირბადისა და წყალბადისაგან შედგება, და რადგანაც ბრომიან წყალს აუფერულებს, ის არის არანაჯერი პოლიმერული ნივთიერება. ელემენტ-ანალიზით დადგენილ იქნა ფორმულა (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)<sub>n</sub>, რის საფუძველზეც გაკეთდა დასკვნა, რომ კაუჩუკის პოლიმერული მოლეკულები შედგება **იზოპრენის** მონომერებისაგან:



კაუჩუკის ნაკლოვანი თვისებებია დარბილება და წებოვნება გაცხელებისას, ხოლო სიმაგრე და სიმეიფე - გაყინვისას. ამ ნაკლის გამოსწორება შეიძლება კაუჩუკის გოგირდთან რეაქციით - **ვულკანიზაციით**, რის შედეგადაც მიიღება ბუნებაში არარსებული უძვირფასესი სამრეწველო პროდუქტი - **რეზინი**. ვულკანიზაციის პროცესში ხდება კაუჩუკის ხაზოვანი მაკრომოლეკულების სივრცითი „შეკვრა“ გოგირდის „ხიდებით“, მათში არსებული ორმაგი ბმების ხარჯზე. მიღებულ ვულკანიზატს - რეზინს, აქვს მკვეთრად გაზრდილი სიმტკიცე და ცვეთამედეგობა,

ელასტიურობა, სითბო- და ყინვამედეგობა და ა.შ. მაღალი ცვეთამედეგობა ახასიათებთ ბუთადიენის სტიროლთან და აკრილონიტრილთან ე.წ. თანაპოლიმერიზაციით მიღებულ კაუჩუკებსაც.

სამხედრო მრეწველობაში უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ **პოლიმერულ მასალებს**, რომლებიც პოლიმერიზაციისა და პოლიკონდენსაციის პროცესებით იწარმოებიან. ეს მასალებია ქიმიური ბოჭკოები, პლასტმასები და ა.შ. მაგალითის სახით მოგვყავს **ლავსანის** ბოჭკოს, **ფენოლოფორმალდეჰიდური** ფისებისა და ორგანული მინის, ანუ პლექსიგლასის ფორმულები [7]:



პოლიმეთილმეტაკრილატი, ანუ პლექსიგლასი

**არაორგანული ნივთიერებების მნიშვნელობა.** სამხედრო საქმეში აქტიურად გამოიყენება უამრავი არაორგანული ნივთიერება. აი, ზოგიერთი მათგანი:

**ქლორანი კირი**  $CaOCl_2$  გამოიყენება დეგაზაციის დროს, წყლის დაქლორებისათვის, ასევე სადენიხეფეციო საშუალებად.

**ბერთოლეს მარილი**  $KClO_3$ , წვის უნარის მქონე სხვადასხვა ნივთიერებებთან წარმოქმნის ფეთქებად ნარევებს, რომლებიც საარტილერიო საქმეში, პიროტექნიკაში და ასანთის წარმოებაში გამოიყენება.

**თეთრი ფოსფორი** გამოიყენება ცეცხლგამჩენი ნივთიერებების სახით, საავიაციო ბომბების, ნადმების, ყუმბარების დასამზადებლად. წვის ტემპერატურა 12000 C-ს აღწევს.

**ფოსფორის ანჰიდრიდი**  $P_2O_5$  წარმოიქმნება ფოსფორის წვისას ჰაერში. მისი ორთქლი ტენს იზიდავს და წარმოქმნის სქელ, თეთრ კვამლს. იყენებენ ე.წ. „კვამლის ფარდის“ შესაქმნელად.

**გრაფიტს** - ელემენტ ნახშირბადის ალოტროპულ სახეცვლილებას, იყენებენ ატომურ რეაქტორებში ნეიტრონების შემკავებლად, ასევე, წყალქვეშა ნავებისა და რაკეტების წარმოებაში.

**ოქსილიქტიბები** - გათხევადებული ქანგადისა და ფოროვანი ორგანული მშთანქმელებისაგან მიღებული ბრიზანტული ფნ-ებია. გამოიყენება, როგორც სამხედრო, ასევე სამთო საქმეშიც.

ნახშირბადის დიოქსიდი  $CO_2$  წვას ხელს არ უწყობს. მისი ეს თვისება გამოიყენება ხანძრის ჩასაქრობად. გათხევადებული  $CO_2$  გამოიყენება თანამედროვე სამხედრო თვითმფრინავების რეაქტიული ძრავების ხანძრისაგან დასაცავად.

**სილიციუმი**  $Si$ , რომელსაც ნახევარგამტარის თვისებები აქვს, გამოიყენება თანამედროვე სამხედრო ელექტრონიკაში, ასევე მზის ბატარეების, ტრანზისტორების, დიოდების დასამზადებლად.

**სილიციუმის დიოქსიდი**, ანუ კაჟმიწა  $SiO_2$ , გვხვდება მინერალ კვარცის სახით.

გაუსუფთავებელი კვარცი არის ჩვეულებრივი ქვიშა, რომლის მოხმარება მსოფლიოში ასეულმილიონობით ტონით განისაზღვრება.

**მინა** სილიკატური ნაწარმია, რომლის ფორმულაა  $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ .

**ემენტი** უმნიშვნელოვანესი სამშენებლო მასალაა, რომლის შემადგენლობაში კალციუმის, სილიციუმის, ალუმინისა და რკინის ოქსიდები მონაწილეობენ. მისი ერთ-ერთი ფორმულა ასეთია -  $3CaO \cdot SiO_2$ .

მეტალები და მათი შენადნობები უდიდეს გამოყენებას პოულობენ სამხედრო საქმეში, როგორც სამხედრო ტექნიკის-ჯავშანმანქანების, თვითმფრინავების, ტანკების დასამზადებლად, ასევე სამხედრო ინფრასტრუქტურის მოსაწყობადაც.

შენადნობები, რომელთა დასამზადებლად თითქმის მთელი პერიოდული სისტემის ელემენტებს იყენებენ, მეტალების სასარგებლო თვისებების სასურველი მიმართულებით ცვლილების საშუალებაა. თუჯი, ფოლადი, დურალუმინი, სილუმინი, ბრინჯაო, თითბერი - ეს ის შენადნობებია, რომელთაგან მრავალი სამხედრო ნაკეთობა მზადდება.

...ომს, როგორც აღვნიშნეთ, კოლოსალური მატერიალური რესურსები ესაჭიროება. ეს, უპირველესად, შეიარაღებას შეეხება. საუკუნეების მანძილზე

ადამიანების მოკვდინების სულ უფრო დახვეწილი საშუალებები ჩნდებოდა. პრიმიტიული იარაღი ბირთვულმა შეიარაღებამ, ავიაკოსმოსურმა ძალებმა, ატომურმა წყალქვეშა ნავებმა ჩაანაცვლა. ამჟამად, შეიარაღებაზე ასტრონომიული თანხები იხარჯება. თუ მსოფლიოში არსებული ყველა სახის შეიარაღების ღირებულებას დედამიწის მოსახლეობის რაოდენობაზე გავყოფთ, აღმოვაჩენთ, რომ დღეს ერთი ადამიანის „მოკვლა“ რამდენიმე მილიონი დოლარი „ჯდება“! ეს აბსურდული სტატისტიკა, სამწუხაროდ, დღევანდელი რეალობაა, რაც, სხვათა შორის, ზრდისაკენ მიისწრაფის. სკეპტიკოსი ფანტაზიორები იმასაც ვარაუდობენ, რომ მსოფლიოში არსებული შეიარაღების ერთბაშად ამოქმედებას შესაძლოა მოჰყვეს „დენტის კასრად“ წოდებული დედამიწის ორბიტიდან აცდენა და კოსმოსურ უსასრულობაში გაუჩინარება... ეს, შეიძლება გადაჭარბებულია, თუმცა, ღმერთმა დაგვიფაროს და თუ ბირთვული ომი მოხდა, ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის ყოველგვარი ნიშანწყალი რომ გაქრება - ეს უეჭველია.

საფრთხეებზე საუბრისას „ანგარიშიდან ჩამოსაწერი“ არც ბუნებრივი, კატალიზმები: გლობალური დათბობა, მიწისძვრები, წყალდიდობები, მომაკვდინებელი ვირუსების გამოჩენა, ციურ სხეულებთან, არამიწიერ ცივილიზაციებთან შეჯახების უსიამოვნო პერსპექტივა და ა.შ.

ამ საფრთხეების არად ჩაგდება ადამიანების მიერ, მათი აცილებისათვის ერთობლივ ძალისხმევაზე უარის თქმა, „სამაგიეროდ“ - თავისსავე მსგავსთა განადგურების საშუალებათა დახვეწაზე ზრუნვა, თანამედროვეობის მართლაც და პარადოქსთა პარადოქსია.

უკეთესია, თუ ადამიანი გონს მოეგება და მის ხელთ არსებულ ყველანაირ რესურსს ბუნებრივი საფრთხეებისა და ანომალიების აცილებისაკენ მიმართავს...

ასეა თუ ისე, ომის ფენომენი კვლავ ზეობს და, ალბათ, ჯერ კიდევ შორსაა ის დრო, როდესაც Homo Sapiens, ერთხელ და სამუდამოდ, ზურგს შეაქცევს მას.

დაბოლოს, უმნიშვნელოვანესი სამხედრო ამოცანების გადაჭრა შეუძლებელია ისეთი ქიმიური ნივთიერებების, მასალების, ხელსაწყოებისა და პროცესების გარეშე, როგორცაა: დეგაზაციის საშუალებები, ანტიდოტები, აირწინაღები, ფეთქებადი ნივთიერებები, ქიმიური სამშენებლო მასალები, მეტალები და შენადნობები, კოროზიისაგან დაცვის ქიმიური საშუალებები, კაუჩუკი, რეზინი, პოლიმერები, ქიმიური ბოჭკოები, საწვავ-საცხები მასალები, ფარმაცევტული პრეპარატები და ა.შ.

დღეს არსებული მასობრივი განადგურების იარაღი, რომლითაც რამდენჯერმე შეიძლება დედამიწის მოსახლეობის მოსპობა, ასევე „ჩვეულებრივი“ შეიარაღების სახეები და მათგან დაცვის საშუალებები, დიდწილად ქიმიურ პროცესებზე, ნივთიერებებზე და მასალებზეა დაფუძნებული. არც ისაა საკამათო, რომ ქიმიის გარეშე შეუძლებელია ტროტილის, ტენის, პიკრინმჟავას, ოქტანიტროკუბანის, CL-20-ის, ამონიტების, დენტებისა და სხვა ფეთქებადი ნივთიერებებისა თუ ნარევების მომზადება და დანიშნულებისამებრ გამოყენება; ამონიუმის ქლორიდით, ფოსფორის ანჰიდრიდით და ა. შ. „კვამლის ფარდის“ შექმნა; მოწამლული ობიექტების დეგაზაცია სპეციალური ქიმიური რეაგენტებით; ცეცხლგამჩენი ნარევების მომზადება, ცეცხლმაქრების გამოყენება, ტუტე- და მჟავური აკუმულატორების გამართვა და მრავალი სხვა პრაქტიკული ქიმიური



ოპერაციების შესრულება.

... ამ, შედარებით არავრცელი მიმოხილვით, გვსურდა წარმოგვეჩინა სამხედრო მეცნიერებაში ქიმიის როლი და მნიშვნელობა. ეს საბუნებისმეტყველო მეცნიერება, ფიზიკასთან და სხვა ფუნდამენტურ თუ ტექნიკურ მეცნიერებასთან ერთად, არის ის ბაზისი, რომელზეც

**ლიტერატურა**

1. მ. ნადირაშვილი, ი. ვარშანიძე, თ. იაშვილი, გ. ბენაშვილი. აფეთქების პროცესების მექანიზმი. სამთო ჟურნალი, №1(43), თბილისი, 2020. გვ. 35-41.
2. Лоурнес У.Л. Люди и атомы. Атомиздат. Москва, 1967. 206 с.
3. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия, Высшая школа, Москва, 1973. с. 14-15.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии, т.1., Изд. Химия, Москва, 1969. с. 12-17.

**NADIRASHVILI M., ABESADZE N.  
THE IMPORTANCE OF CHEMISTRY IN MILITARY AFFAIRS**

**ANNOTATION.** The article concerns the role of chemistry in military affairs. Among the fundamental sciences on which military affairs are based, chemistry occupies a prominent place. It has a large area of contact with military science, which greatly increases its importance. Specific examples are given of the use of different classes of chemicals, as well as practical physico-chemical methods, both in preparation for war and in hostilities.

**KEY WORDS:** war; chemistry; military science; explosives; synthetic petrol.

დგას თანამედროვე სამხედრო საქმე.

მიმოხილვა კი - ერთი ცნობილი გამონათქვამის პერიფრაზირებით გვინდა დავასრულოთ: „გამოაკელით სამხედრო მეცნიერებას ქიმია და მისგან აღარაფერი დაგრჩებათ“...

5. A.M. Astakhov, R.S. Stepanov and A.Yu. Babushkin. On the detonation parameters of octanitrocubane, Combustion, Explosion and Shock Waves, Volume 34, 1998. pp. 85-87.
6. U.R. Nair, R. Sivabalan, etc., Hexanitrohexaazaisowurztane (CL-20), CL-20 based formulations (review), Combustion, Explosion and Shock Waves, Volume 41, March 2005. pp. 121-132.
7. Химический энциклопедический словарь. Советская энциклопедия, Москва, 1983. сс. 294, 542, 615.

**НАДИРАШВИЛИ М.Д., АБЕСАДЗЕ Н.А.  
ЗНАЧЕНИЕ ХИМИИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассматривается роль химии в военном деле. Среди фундаментальных наук, на которых базируется военное дело, видное место занимает химия, она имеет тесное соприкосновение с военной наукой, что значительно увеличивает ее значение. Приводятся конкретные примеры использования различных классов химических веществ, а также практических физико-химических методов, как при подготовке к войне, так и в боевых действиях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** война; химия; военная наука; взрывчатые вещества; синтетический бензин.

უკ 620.193.01

აკადემიური დოქტორი ლ. ლელუაშვილი, ბაკალავრი გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა

მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა

**ანოტაცია.** სტატიაში წარმოდგენილია მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან აქტიური დაცვის სისტემები, მათი გაანგარიშება და გამოყენების შესაძლებლობები. ამასთან, სტატიაში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ბენზოგასამართი და გაზგასამართი სადგურების მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან იზოლაციით (პასიური) და აქტიური დაცვის მოწყობილობით ერთობლივი დაცვის საკითხებს. სტატიაში აგრეთვე წარმოდგენილია მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან აქტიური დაცვის გაანგარიშება და მისი გამოყენების აუცილებლობა. დადგენილია, რომ მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან სრული დაცვა უნდა ხორციელდებოდეს მისი იზოლაციით დაფარვასთან ერთად აქტიური დაცვის მოწყობილობით, კერძოდ პროტექტორული დაცვით.

**საკვანძო სიტყვები:** რეზერვუარი; იზოლაცია; პასიური; აქტიური; პროტექტორი; ელექტროქიმიური კოროზია.

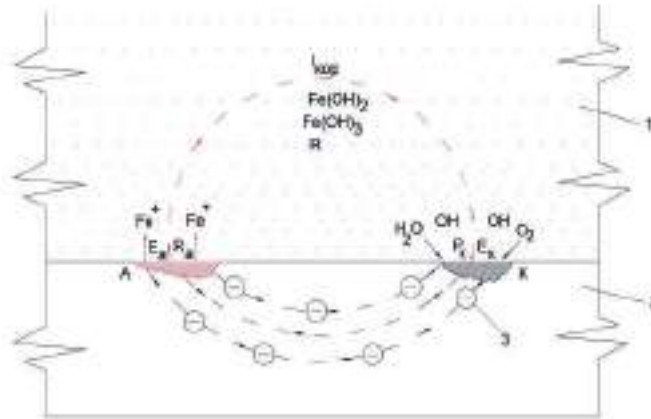
ელექტროქიმიური კოროზია წარმოადგენს მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციებისა და ნაგებობების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის შემცირების ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს. ელექტროქიმიური კოროზიის შედეგად ასეული მილიონობით ზარალი ადგება ქვეყნის მრეწველობას, მათ შორის მიწისქვეშა მაგისტრალურ ნავთობ და გაზსადენებს. შესაბამისად, მიწისქვეშა ლითონის ნაგებობების დაცვა ელექტროქიმიური კოროზიისაგან აქტუალურ სამეცნიერო და პრაქტიკული მნიშვნელობის პრობლემას წარმოადგენს.

სტატის მიზანია მიწისქვეშა ენერგეტიკული ნაგებობების, ჩვენ შემთხვევაში მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების, ექსპლუატაციის ხანმედეგობაზე და უსაფრთხოებაზე ზემოქმედი ელექტროქიმიური კოროზიის პოტენციური ზემოქმედების შერბილება ანალიზისა და პრაქტიკული დანერგვისათვის მომზადების მეშვეობით.

ნადაგამო მთავსებულ ლითონის რეზერვუარის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანიური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად (ნახ. 1). რის შედეგადაც, რომელიც

იმყოფება კონტაქტში ნიადაგის ელექტროლიტთან წარმოიქმნება კოროზიული მიკრო და მაკრო ელემენტები. კოროზიული მიკრო ელემენტები წარმოიქმნება მეტალის

ზედაპირის მიკრო სტრუქტურის არაერთგვაროვნებით, ლითონის შენადნობში სხვადასხვა მიკრო ნაწილაკების



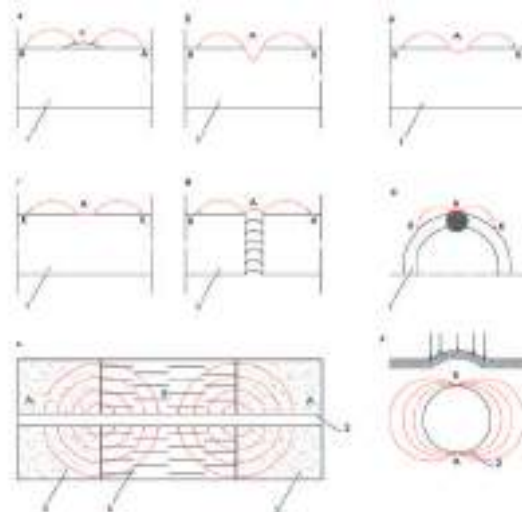
ნახ. 1. 1 - გრუნტის ელექტროლიტი; 2 - რეზერვუარის კედელი; 3 - ელექტრონი; პუნქტით ნაჩვენებია კოროზიული დენის მოძრაობის მიმართულება; A - ანოდი; K - კათოდი

არსებობით - Fe, C, Mn, P, S და სხვა. კოროზიული მაკრო ელემენტები კი წარმოიქმნებიან მეტალის ზედაპირის მაკრო სტრუქტურის არაერთგვაროვნებით, როგორებიცაა: რკინის ხენჯი, ნაკაწრი, შენატყლეფი, ცივნაჭედი, გრძივი და განივი ელექტრო შედუღების ნაკერი, ნიადაგის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების მაკრო სტრუქტურის არაერთგვაროვნება (ნახ. 2).

იმის გამო, რომ მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარის ზედაპირი ავაცილოთ ნიადაგის ელექტროლიტს და გავწყვიტოთ ელექტრო წრედი მიკრო და მაკრო კოროზიულ ელემენტებს შორის, რეზერვუარის ზედაპირს ფარავენ დიალექტრიკული თვისებების მქონე საიზოლაციო მასალით. ამ პროცესს ეწოდება პასიური დაცვა. მაგრამ გულმოდგინედ შესრულებული საიზოლაციო დანაფარი ექსპლუატაციის შედეგად კარგავს დიალექტრიკულ თვისებებს, წყალმედევობას, ხშირად მას აზიანებს მცენარეების ფესვები, გრუნტის ტემ-

პერატურული ცვლილებები, გრუნტის ტენიანობა, ნიადაგის სტრუქტურის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების არაერთგვაროვნება, რის შედეგადაც საიზოლაციო მასალა ვერ უზრუნველყოფს მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარის ზედაპირის ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვას. აქედან გამომდინარე ელექტროქიმიური კოროზიისაგან სრული დაცვა შესაძლებელია განხორციელდეს მხოლოდ საიზოლაციო მასალითა (პასიური) და დაცვის მოწყობილობის (აქტიური) ერთად გამოყენებით [1].

სტატიაში განხილული და შემოთავაზებულია მიწისქვეშა სხვადასხვა ტევადობის მქონე ლითონის რეზერვუარების აქტიური დაცვის მოწყობილობები. დღეისათვის პრაქტიკაში მიწისქვეშა რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან აქტიური დაცვა ხორციელდება კათოდური ან პროტექტორული (გალვანური ელემენტი) დაცვის სისტემებით.



ნახ. 2. რეზერვუარის მეტალის სტრუქტურული არაერთგვაროვნების მაკროელემენტები: 1 - მიწისქვეშა ფოლადის რეზერვუარის კედელი; 2 - რეზერვუარი; 3 - კეიშა; 4 - თიხა; a - რკინის ხენჯი; b - ნაკაწრი; r - შენატყლეფი; r - ცივნაჭედი; d - გრძივი ელექტრო შედუღების ნაკერი; e - განივი ელექტრო შედუღების ნაკერი; z - ნიადაგის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების არაერთგვაროვანი მაკრო სტრუქტურა; a - რეზერვუართან ჟანგბადის სხვადასხვაგვარი შედღწევადობა

კათოდური დაცვის სისტემაში მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარზე ერთდება მუდმივი დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსი, ხოლო დადებითი პოლუსი -ანოდურ დამმწებელზე, რის შედეგადაც რეზერვუარის პოტენციალი გადაინაცვლებს უარყოფით მხარეს. ამ პროცესს ეწოდება კათოდური პოლარიზაცია, რომლის დროსაც რეზერვუარი გადაიქცევა კათოდად, ხოლო ანოდური დამმწებელი -ანოდად. ანოდური დამმწებელიდან მუდმივი დენი გრუნტის გავლით მიედინება რეზერვუარამდე, რა დროსაც ანოდური დამმწებელი იწყებს მუშაობას ჟანგით რეჟიმში, ხოლო რეზერვუარი -ადდგენით რეჟიმში.

რაც შეეხება პროტექტორული დაცვის პრინციპს, ამ დროს კოროზიული ელემენტების დენი ითრგუნება გალვანური ელემენტების დენით, რომელიც წარმოიქმნება ლითონის რეზერვუარსა და ელექტროქიმიურად აქტიურ ელექტროდს (პროტექტორი) შორის. პროტექტორული

დაცვის დროს კომპენსაციური დენი წარმოიქმნება პროტექტორის ელექტროქიმიური დაშლის შედეგად. ცხრილ 1-ში მოცემულია სხვადასხვა მასალის მქონე პროტექტორების ელექტროდული პოტენციალი ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვისათვის ყველაზე დიდი გავრცელება ჰპოვა მაგნიუმისა და ალუმინის შენადნობების მქონე პროტექტორებმა, რადგანაც მაგნიუმის ელექტროდული პოტენციალი შეადგენს -2.37 ვოლტი, ალუმინის -1.66 ვოლტი, რკინის -0.44 ვოლტი, ამიტომ ნათელია, რომ ოპტიმალური პირობების დროს მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციის (რკინის რეზერვუარის) დაცვის პოტენციალი ტოლი იქნება მაგნიუმის პროტექტორის დროს  $-2.37 - (-0.44) = -1.99$  ვოლტი, ხოლო ალუმინის პროტექტორების დროს  $-1.66 - (-0.44) = -1.22$  ვოლტი.

ცხრილი 1

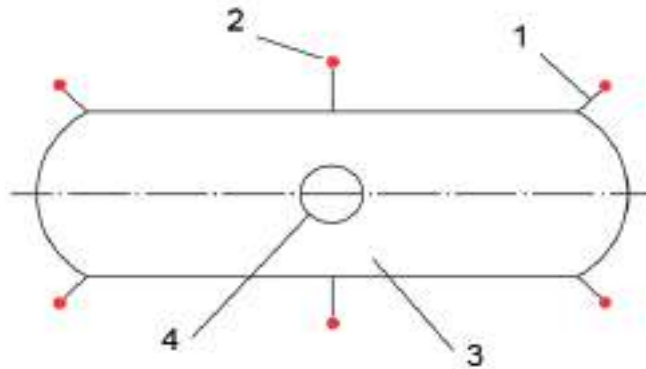
პროტექტორის მასალა	შემავსებლის შემადგენლობა		ელექტროდული პოტენციალი, ვ.
	ინგრედიენტები	%	
მაგნიუმი	MgSO <sub>4</sub>	25	-1,7
	CaSO <sub>4</sub>	25	
	თიხა	50	
ალუმინი	Ca(OH) <sub>2</sub>	25	-1,47
	NaCl	25	
	თიხა	50	
ცინკი	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25	-1,2
	Ca SO <sub>4</sub>	25	
	თიხა	50	
რკინა	NaCl	2	-0,8
	თიხა	98	
გრაფიტი	NaCl	2	+0,3
	თიხა	98	

მიწისქვეშა ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა, რომელთა ტევადობა ტოლია 5000 კმ და რომლებიც მოთავსებულნი არიან წრიულ ფუნდამენტზე ხორციელდება კათოდური დაცვის მოწყობილობით ან ჯგუფური პროტექტორებით. ხოლო რომელთა ტევადობა მეტია 5000 კმ და რომლებიც მოთავსებულნი არიან წრიულ ფუნდამენტზე ხორციელდება ანოდური დამმწებლებით, რომლებიც განლაგებულნი არიან რეზერვუარის ძრის ქვეშ წრიული ფუნდამენტის ქვედა დონეზე ან ფუნდამენტის გარე მხარეს მისი პერიმეტრის გასწვრივ მისი დონის ქვევით.

რაც შეეხება ბენზოგასამართი (ბგს) და გაზგასამართი (გგს) სადგურების მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარებს, მათი დაცვა ელექტროქიმიური კოროზიისაგან უნდა განხორციელდეს იზოლაციის საფარით (პასიური დაცვა)

და პროტექტორებით (აქტიური დაცვა) ერთდროულად, სადაც პროტექტორის ტიპი და რაოდენობა განისაზღვრება საიზოლაციო მასალის ხარისხიდან, დასაცავი რეზერვუარის ზედაპირის ფართის სიდიდიდან და გრუნტის ხვედრითი წინააღმდეგობის სიდიდიდან გამომდინარე. ჩვეულებრივ მიწისქვეშა რეზერვუარს ყოველ კუთხეში უერთებენ თითო პროტექტორს, ხოლო აუცილებლობის შემთხვევაში აყენებენ დამატებით პროტექტორებს მისი ელექტროქიმიური კოროზიისაგან მთლიანი დაცვისათვის (ნახ. 3).

უნდა აღინიშნოს რომ ერთი პროტექტორის დენგაცემის სიდიდე მიახლოებით შეადგენს 20-40 მა. ამიტომ დაცვის საჭირო პოტენციალის მისაღებად იყენებენ ჯგუფურ პროტექტორებს.



ნახ. 3. მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარის პროტექტორული დაცვის სქემა: 1 - სადენი; 2 - პროტექტორი; 3 - რეზერვუარი; 4 - ჩასასხმელი ხახა

ბგს-ს და გგს-ს მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან აქტიური დაცვა იანგარიშება შემდეგნაირად [2].

დაცვისათვის პროტექტორების საჭირო რაოდენობა იანგარიშება:

$$N = \frac{I}{I_{\text{პრ}} \mu} \quad (1)$$

სადაც,  $I$  - დენის ძალის სიდიდე, რომელიც საჭიროა რეზერვუარის მთლიანი ფართის დასაცავად (ამპერი);  $I_{\text{პრ}}$  - ერთი პროტექტორის დენის ძალა (ამპერი);  $\mu$  - პროტექტორების ეკრანიების კოეფიციენტი (აიღება გრაფიკიდან);

რეზერვუარის ზედაპირის დაცვისათვის საჭირო დენის ძალა იანგარიშება:

$$I = 0,785 i D^2 \quad (2)$$

სადაც,  $i$  - დენის ძალის მინიმალური სიმკვრივე ერთეულს ფართზე მ.ა./მ<sup>2</sup> (აიღება ცხრილიდან);  $D$  - რეზერვუარის დიამეტრი (მეტრი).

ერთი პროტექტორის დენის ძალა იანგარიშება:

$$I_{\text{პრ}} = \frac{U_{\text{პრ}} - U_{\text{რ.ფ.ბ.}}}{R_{\text{პრ}} + R + R_{\text{რ.ფ.ს.}}} \quad (3)$$

სადაც,  $U_{\text{პრ}}$  - პროტექტორის ელექტროდული პოტენციალი (ვოლტი);  $U_{\text{რ.ფ.ბ.}}$  - რეზერვუარის ბუნებრივი პოტენციალი (ვოლტი);  $R_{\text{პრ}}$  - პროტექტორის წინააღმდეგობა (ომი);  $R$  - დენგამტარი სადენის წინააღმდეგობა (ომი);  $R_{\text{რ.ფ.ს.}}$  - რეზერვუარის წინააღმდეგობა (ომი).

რეზერვუარის წინააღმდეგობა მიახლოებით იანგარიშება ფორმულით:

$$R_{\text{რ.ფ.ს.}} \approx \frac{3 \rho}{D(D+2b)} \quad (4)$$

სადაც,  $\rho$  - გრუნტის ხვედრით წინააღმდეგობა (ომი.მ);  $D$  - რეზერვუარის დიამეტრი (მ);  $b$  - რეზერვუარსა და პროტექტორს შორის მანძილი (მეტრი);

გრუნტში ვერტიკალურად მოთავსებულ პროტექტორის წინააღმდეგობა იანგარიშება:

$$R_{\text{პრ}} = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) \quad (5)$$

როცა,  $l < 4t$  და  $d < 2l$

სადაც,  $\rho$  - გრუნტის ხვედრით წინააღმდეგობა (ომი.მ);  $l$  - პროტექტორის სიგრძე (მეტრი);  $d$  - პროტექტორის ექვივალენტური დიამეტრი (მეტრი),  $d = 2\sqrt{\frac{S}{n}}$ ;  $t$

მანძილი ნიადაგის ზედაპირიდან პროტექტორის შუა წერტილამდე (მეტრი);  $S$  - პროტექტორის განივკვეთის ფართი (მ<sup>2</sup>).

პროტექტორის მუშაობის ხანგრძლივობა იანგარიშება:

$$T = \frac{KG}{\dot{Y} \cdot I_{\text{პრ}}} \quad \text{წ.}$$

სადაც,  $K$  - პროტექტორის გამოყენების კოეფიციენტი (აიღება ცხრილებიდან);  $G$  - პროტექტორის მასა (კგ);  $\dot{Y}$  - პროტექტორის ელექტროქიმიური ექვივალენტი (მაგნიუმის პროექტორისათვის აიღება 3.94 კგ/ა.წ)

სამწუხაროდ დღევანდელ დღემდე ბგს-ს და გგს-ს პროექტირება, მშენებლობა და ექსპლუატაცია ხორციელდება ძველი, საბჭოური ნორმების მიხედვით, ელექტროქიმიური კოროზიისაგან აქტიური დაცვის გათვალისწინების გარეშე, მხოლოდ პასიური დაცვით. ამასთან აუცილებელია აღინიშნოს, რომ საბჭოური ნორმები პარალელურად მკაცრად მოითხოვდა ბგს-ს და გგს-ს განლაგებას საცხოვრებელი და ადამიანთა მასობრივი თავშეყრის ადგილებიდან მოშორებით, სავალდებულო, უსაფრთხო მანძილის დაცვით, მაშინ როდესაც დღეისათვის ჩვენში მოქმედი ბგს-ები და გგს-ები ძირითადად განლაგებულნი არიან დასახლებულ პუნქტებში, ხშირად კი მჭიდროდ დასახლებულ უბნებსა და მათ სიახლოვეს, რაც დაშვებულია საერთაშორისო სტანდარტებით პასიური და აქტიური დაცვის საშუალებების გამოყენების პირობით. შედეგად, არსებობს ბგს-ების და გგს-ების აფეთქებისა და ადამიანების დაზარალების და/ან მატერიალური ფასეულობების დაზიანების მაღალი ალბათობა, რადგან ბგს-ს და გგს-ს ლითონის რეზერვუარები განთავსებულნი არიან მიწის ქვეშ, რომლებიც გრუნტის კოროზიულობის გამო ელექტროლიზის შედეგად განიცდიან დაშლას და არ არიან დაცულნი კოროზიისაგან დაცვის აქტიური საშუალებებით [3].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ქვეყანაში რეალურად შექმნილი სიტუაციის გათვალისწინებით, აუცილებელია მშენებარე და არსებულ ბგს-ზე და გგს-ზე განხორციელდეს

მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან იზოლაციით (პასიური) და დაცვის მოწყობილობით (აქტიური) დაცვა. პრობლემა ბგს-ების და გგს-ების გარდა ასევე ეხება მრავალ სხვა ლითონის

**დასკვნები:**

1. მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების დაცვა ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ხორციელდება იზოლაციით (პასიური) და დაცვის მოწყობილობით (აქტიური) ერთბლივად.

2. დღეისთვის ბგს-ს და გგს-ს მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტრო-ქიმიური კოროზიისაგან დაცვა ხორციელდება მხოლოდ იზოლაციით დაფარვის

**ლიტერატურა**

1. Тихомиров Е.Н. Монтаж, наладка и эксплуатация устройств электрохимической защиты. Недра. Ленинград. 1976. 133 с.

LELUASHVILI L., LELUASHVILI G., STERIAKOVA S.  
**ELECTROCHEMICAL PROTECTION OF UNDERGROUND METAL RESERVOIRS FROM CORROSION**

**ANNOTATION.** The article presents systems of protection against electrochemical corrosion of underground metal tanks, calculations and possibilities of their use. It has been established that protection against electrochemical corrosion of underground metal tanks should be carried out, especially for petrol and gas filling stations, by passive protection (insulation) and active protection (protector) in place.

**KEY WORDS:** reservoirs; insulation; passive; active; tread; electrochemical protection.

მიწისქვეშა ნაგებობებსა და მილსადენებს, რომელთა ეფექტური დაცვა, უსაფრთხოების გარდა მნიშვნელოვანი ეკონომიკური სარგებლის მიღების საშუალებას იძლევა.

მეთოდით.

3. მომავალში ბგს-ების და გგს-ების მიწისქვეშა რეზერვუარების აქტიური დაცვისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს პროტექტორები, რომელთა ტიპი და რაოდენობა განისაზღვრება საიზოლაციო მასალის ხარისხიდან, დასაცავი რეზერვუარების ზედაპირის ფართის სიდიდიდან და გრუნტის ხვედრითი წინააღდეგობის სიდიდიდან გამომდინარე.

2. Волков Б.Г., Тесов Н.И., Шувалов В.В. Справочник по защите подземных металлических сооружений от коррозии. Недра. Ленинград. 1975. 224 с.  
3. Инструкция по сооружению установок Э.Х.З. от коррозии, Миннефтегазстрой, Москва 1981. 93 с.

ЛЕЛУАШВИЛИ Л.В., ЛЕЛУАШВИЛИ Г.Л., СТЕРЯКОВА С.И.  
**ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ ОТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены системы защиты от электрохимической коррозии подземных металлических резервуаров, расчеты и возможности их использования. Установлено, что защита от электрохимической коррозии подземных металлических резервуаров должна осуществляться, особенно для бензозаправочных и газозаправочных станции, пассивной защитой (изоляция) и активной защитой (протектор) в месте.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** резервуары; изоляция; пассивная; активная; протектор; электрохимическая защита.

უაკ 620.193.01

აკად.დოქტორი ლ. ლელუაშვილი, ინჟინერიის დოქტორი თ. რიგიშვილი, ბაკალავრი გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა

**კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა**

*ანოტაცია.* სტატიაში წარმოდგენილია მიწისქვეშა დასაცავი ობიექტის (ჩვენ შემთხვევაში მაგისტრალური გაზსადენის) ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა, რომელიც შეიცავს ჰორიზონტალურ (პლასტმასის ან რეზინის) მილს, მოთავსებულს მიწაში ტრანშეისმთელსიგრძეზანოდური დამმიწებლების თავზე, ჰორიზონტალური მილიდან გამოყვანილი ვერტიკალური მილები ჩაშვებულია ანოდურ დამმიწებლებამდე, ხოლო ჰორიზონტალური მილის შუა ადგილიდან მიწის ზედაპირზე ამოდის ვერტიკალური მილი, საიდანაც პერიოდულად ხდება წყლის ჩასხმა და ანოდური დამმიწებლის გარშემო გრუნტის გაწყლოვანება.

*საკვანძო სიტყვები:* გარდამავალი წინააღმდეგობა; კათოდი; მილი; გრუნტი; ანოდური დამმიწებელი; დაცვა; ელექტროქიმიური კოროზია.

კათოდური სადგურის ეფექტური მუშაობა დამოკიდებულია ანოდური დამმიწებლის ზედაპირიდან დაცვის დენის განდინების წინააღმდეგობაზე. აქედან გამომდინარე ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ანოდური დამმიწებელი წარმოდგენს ძირითად ელემენტს, ეგრეთ წოდებულ ბაზისს, რაზეც აგებულია დაცვის სისტემის ეფექტური მუშაობა. დღეისთვის მოქმედ დაცვის სისტემებში ანოდური დამმიწებლები წარმოადგენენ ელექტროქიმიური ელემენტების დადებით ელექტროდს, რომლებიც მუშაობენ უწყვეტ დამუხტვის

რეჟიმში და ნიადაგში მათი მოთავსებისას მუდმივი დენის გავლის შედეგად მიმდინარე ანოდური პროცესების გამო იშლებიან - მეტალის იონები გარდაიქმნებიან ნიადაგის ელექტროლიტად, რაც იწვევს დაცვის სისტემის მწყობრიდან გამოსვლას. წინასწარმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ანოდური დამნიჭებლის ზედაპირი ნიადაგს ეხება არა მთლიანი ფართით, არამედ წერტილოვან უბნებში და დაცვის მუმივი დენის გავლის შედეგად მიმდინარეობს ამ წერტილოვანი უბნების ჟანგის პროცესი, რის გამოც იწყება მათ სწრაფი დაშლა ელექტროლიზის შედეგად, რადგან ანოდური დამნიჭებლების წერტილოვანი უბნების ჯამური მუშა ფართი გაცილებით ნაკლებია ანოდური დამნიჭებლების მთლიანი ზედაპირის ფართზე, ამიტომ წერტილოვანი უბნები გადაიქცევიან პასიურ უბნებად, რის შედეგადაც იზრდება ანოდური დამნიჭებლის გარდამავალი წინააღმდეგობა და შესაბამისად მისი ზედაპირიდან დაცვის დენის განდინების წინააღმდეგობა. ყოველივე ეს იწვევს ანოდური დამნიჭებლის გახურებას, მის ნიადაგიდან მოცილებას და საბოლოო ჯამში დაცვის სისტემის მწყობრიდან გამოსვლას. ზემოთ თქმული პროცესის მიმდინარეობა პირდაპირპროპორციულია იზოლაციის დაზიანების მასშტაბთან. აქედან გამომდინარე დასაცავი (ჩვენ შემთხვევაში მიწისქვეშა მაგისტრალური გაზსადენი) ობიექტის დაცვის ზონა და დაცვის პოტენციალი მცირდება იზოლაციის დაზიანებასთან ერთად. დაცვის პოტენციალისა და დაცვის ზონის თავდაპირველ სიდიდემდე მისაყვანად აუცილებელია კათდური დაცვის სადგურში ძაბვის მომატება, რაც შესაბამისად გამოიწვევს დაცვის დენის სიდიდის გაზრდას და ზემოთ აღნიშნული პროცესების მიმდინარეობის დაჩქარებას.

ანსხვავებენ სხვადასხვა ტიპის ანოდურ დამნიჭებლებს:

1. მუშა ელექტროდის მასალის მიხედვით - მეტალის (ფოლადის, თუჯის, რკინაკაჟბადის) და არამეტალის (გრაფიტირებული, გრაფიტოფენოვანი, ქვანახშირის);
2. ელექტროდების ფორმის მიხედვით - მილისებრი, კუთხოვანა, რელსი, წნელისებრი, ღეროსებრი;
3. მუშაობის ხასიათის მიხედვით - შიშველი, კოქსის დანაყართან ერთად;
4. დამზადების ტექნოლოგიის მიხედვით - შეფუთული და არა შეფუთული;
5. მუშა ელექტროდების განლაგების მიხედვით - ვერტიკალური, ჰორიზონტალური, კომბინირებული;
6. კონფიგურაციის მიხედვით - ერთმწკრივა, ორმწკრივა, რთული კონფიგურაციის;
7. ნიადაგში მოთავსების მიხედვით - ზედაპირული, ღრმა;
8. დასაცავი ობიექტიდან მოცილების მანძილის მიხედვით - დაცილებული, დაახლოებული;
9. დასაცავი ობიექტის სიგრძესთან მიმართებაში - წერტილოვანი, თავმოყრილი, განაწილებული. ანოდური დამნიჭებლის მუშაუნარიანობის ხანგრძლივობა განისაზღვრება ფორმულით

$$T = 0,1096 \frac{G}{I}$$

სადაც:  $T$  - ანოდური დამნიჭებლის ექსპლუატაციის დრო, წელი;  $G$  - ანოდური დამნიჭებლების მუშა ელექტროდების საერთო წონა, კგ;  $I$  - დენის ძალა კათდური სადგურის წრედში, ამპერი.

**ცხრილი 1**

**დღეისათვის კათდური სადგურები გამოდის შემდეგი ნომინალური სიდიდის პარამეტრებით**

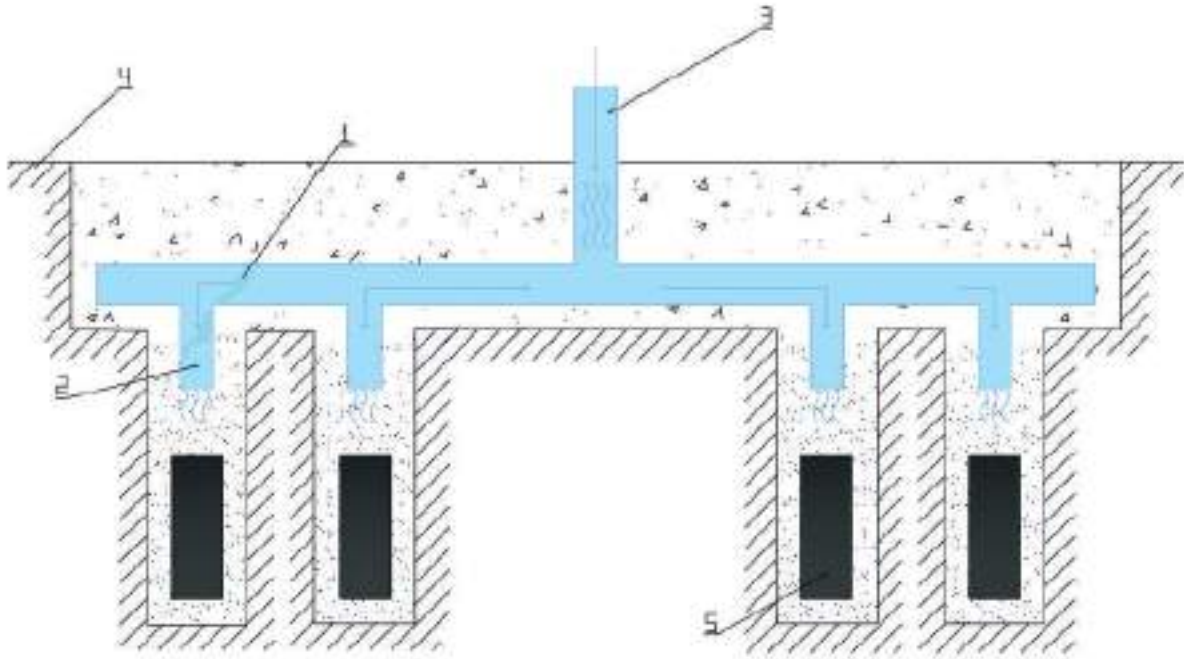
სიმძლავრე, კვტ	გამართული დენი, ამპერი	გამართული ძაბვა, ვოლტი
0,6	12,25/25	48/24
1,0	21/42	48/24
1,2	25/50	48/24
1,6	33/66	48/24
2,0	21/42	96/48
2,5	26/52	96/48
3,0	31/62	96/48
4,0	42/84	96/48
5,0	52/104	96/48

რაც შეეხება ანოდური დამნიჭებლების დაშლის სიჩქარეს კოქსის ფხვნილში მოთავსებული ფოლადის ელექტროდისათვის შეადგენს 4 კგ/ა.წ, ხოლო ძვირად ღირებული რკინა-კაჟბადიანი ელექტროდისათვის 1,1

კგ/ა.წ. როგორც ფორმულიდან და ზემოთ ჩამოთვლილი მონაცემებიდან ჩანს, იმისათვის, რომ ანოდურმა დამნიჭებელმა იმუშაოს ეფექტურად, მთელი მისი ექსპლუატაციის პერიოდში იყოს დაცული დაცვის

ზონის სიდიდე და დამცავი პოტენციალის საჭირო სიდიდე, შემცირებული იყოს ანოდური დამმიწებლის გარდამავალი წინააღმდეგობა და ანოდური დამმიწებლის ზედაპირიდან დაცვის დენის განდინების წინააღმდეგობა, სტატიაში შემოთავაზებულია კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა, რომლის ტექნიკური შედეგია ყველა შემთხვევაში ჩამოთვლილი პრობლემის აღმოფხვრა და ანოდური დამმიწებლის ზედაპირის 100%-იანი გამოყენების შესაძლებლობა.

ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა შედგება ჰორიზონტალური 1 მილისაგან (რეზინის ან პლასტმასის), რომელიც მოთავსებულია ნიადაგში 4 ტრანშეის მთელ სიგრძეზე ანოდური დამმიწებლების 5 თავზე, ჰორიზონტალური მილიდან გამოყვანილი ვერტიკალური მილები 2 ჩაშვებულია ანოდური დამმიწებლებამდე, ხოლო ჰორიზონტალური მილის შუა ადგილიდან ნიადაგის ზედაპირზე ამოდის ვერტიკალური მილი 3 (ნახ. 1).



ნახ. 1. კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა

1 - ჰორიზონტალური მილი, 2 - ვერტიკალური მილები, 3 - ძირითადი ვერტიკალური მილი, 4 - ნიადაგი, 5 - ანოდური დამმიწებლის ელექტროდი

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: პერიოდულად ხდება წყლის ჩასხმა წყალშიდი მანქანით ვერტიკალურ მილში 3, საიდანაც წყალი ჰორიზონტალური მილის 1 მეშვეობით მიედინება ანოდური დამმიწებლებისაკენ 5 და ვერტიკალური მილებით 2 ჩაედინება ანოდური დამმიწებლებისაკენ, რის შედეგადაც ხდება ანოდური დამმიწებლის გარშემო გრუნტის გაწყლოვანება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერი ტიპის ანოდური დამმიწებელი ყველაზე კარგად მუშაობს წყალში ან გაწყლოვანებულ გრუნტში, რადგან ამ შემთხვევაში ხდება ანოდური დამმიწებლის ზედაპირის ფართის მთლიანი გამოყენება, ხოლო ანოდური დამმიწებლის გაცხელების შემთხვევაში არ მოხდება გაწყლოვანებული გრუნტის მოცილება მისი ზედაპირიდან.

**დასკვნები:**

1. ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის მუშაობა ხორციელდება გაწყლოვანებულ გრუნტში.
2. გაწყლოვანებულ გრუნტებში ანოდური დამმი-

წებლის მუშაობა ბევრად უფრო ეფექტურია, ვიდრე ჩვეულებრივ გრუნტებში, რადგან შემცირებულია ანოდური დამმიწებლის ზედაპირიდან დაცვის დენის განდინების წინააღმდეგობა.

3. გაწყლოვანებულ გრუნტებში ხდება ანოდური დამმიწებლის ზედაპირის ფართის არა წერტილოვანი, არამედ მთლიანი გამოყენება, რაც ახანგრძლივებს ანოდური დამმიწებლის მუშაობის.

**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. Инструкция по сооружению установок Э.Х.З. от коррозии, Миннефтгазстрой, Москва 1981. 77 с.

ЛЕЛУАШВИЛИ Л.В., РИГИШВИЛИ Т.Р.,  
 ЛЕЛУАШВИЛИ Г.Л., СТЕРЯКОВА С.И.  
**УСТРОЙСТВО АНОДНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ  
 ДЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ**

LELUASHVILI L., RIGISHVILI T.,  
 LELUASHVILI G., STERYAKOVA S.  
**ANODE EARTHING DEVICE FOR CATHODIC  
 PROTECTION**

**АННОТАЦИЯ.** В статье предложено устройство катодной защиты для создания водоносного грунта вокруг анодных заземлителей, имеющее горизонтальную трубу, которая уложена в землю по всей длине траншеи над анодными заземлителями, вертикальные трубы, выходящие из горизонтальной трубы установлены над анодными заземлителями, от середины горизонтальной трубы выходит вертикальная труба на поверхности земли, откуда периодический заливается вода.

**ANNOTATION.** The article proposes a cathodic protection device for creating an aquiferous soil around the anode ground electrodes, which has a horizontal pipe, which is laid in the ground along the entire length of the trench above the anode ground electrodes, vertical pipes coming out of the horizontal pipe are installed above the anode ground electrodes, a vertical pipe comes out from the middle of the horizontal pipe on the surface of the earth from where water is periodically poured.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** переходное сопротивление; катод; труба; анодный заземлитель; защита; грунт; электрическая коррозия.

**KEY WORDS:** transition resistance; cathode; pipe; anode earthing switch; protection; priming; electrical corrosion.

უკ 625

აკად. დოქტორი გ. ნოზაძე, ტექნ. მეცნ. დოქტორი დ. პატარაია, დ. მიგვაშვილი,  
 თ კობიძე, რ. მაისურაძე, გ. ახვლედიანი

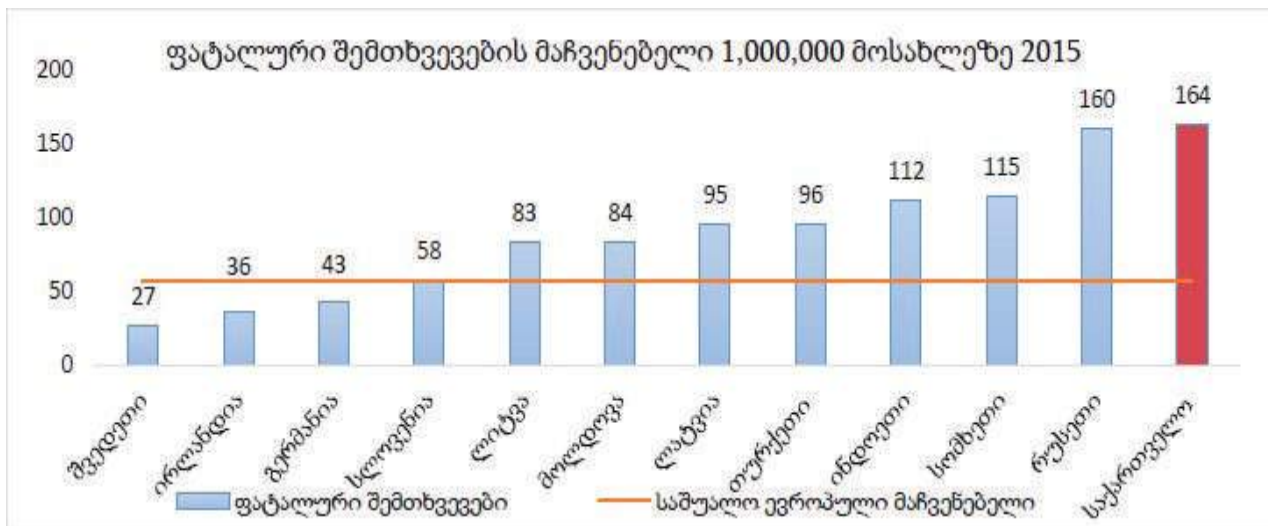
**საზაგარო დამცავი ბარიერები და მათი რაციონალური გამოყენება  
 საქართველოს გზებზე**

*ანოტაცია. სტატიაში განხილულია საზაგარო ბარიერების საავტომობილო ინფრასტრუქტურაში დანერგვის საკითხები და პრობლემები. ნაჩვენებია საზაგარო ბარიერების ადგილობრივი და მოწინავე ქვეყნების გამოცდილებათა შორის ტექნოლოგიური განსხვავება. გამოთქმულია საზაგარო ბარიერებით საქართველოს მაღალმთიანი სავალი ინფრასტრუქტურის აღჭურვის მოსაზრება. შემოთავაზებულია საზაგარო ბარიერების ენერგეტიკული მახასიათებლით დაპროექტების ტექნოლოგიური მოთხოვნები სათანადო სტანდარტის შესაბამისად.*

*საკვანძო სიტყვები: საზაგარო ბარიერი; ბაგირი; ენერგეტიკული მაჩვენებელი; საავტომობილო გზები; გზის კატეგორია.*

საავტომობილო გზებზე უსაფრთხოების ღონისძიებების უზრუნველყოფა და მათი მოწყობის სირთულე მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს მთიანი ლანდშაფტის ქვეყნებისათვის.

პრობლემის მასშტაბების შეფასებისათვის მოვიშველიებთ ეკონომიკური თანამშრომლობის და განვითარების ორგანიზაციის (OECD) მიერ შეფასებული 40 ქვეყნის სტატისტიკას [1], რომელშიც ევროკავშირის ქვეყნებიც შედიან, 2015 წლის მონაცემებით, საქართველო



დიაგრამა 1. ავტოსავალი შემთხვევების დროს ფატალური მაჩვენებელი ერთ მილიონ მოსახლეზე



ლეტალური შემთხვევებით ყველაზე ცუდ მდგომარეობაშია. მაგალითად, ირლანდიაში, რომელიც პოპულაციით დაახლოებით საქართველოს მსგავსია (4,7 მლნ) 2015 წელს ავტოსაგზაო შემთხვევებს 1 მილიონ მოსახლეზე 36 ადამიანი ემსხვერპლა, საქართველოში კი ამავე წელს 1 მილიონის მოსახლის მიხედვით, 164 ავტოავარია დასრულდა ლეტალური შედეგით.

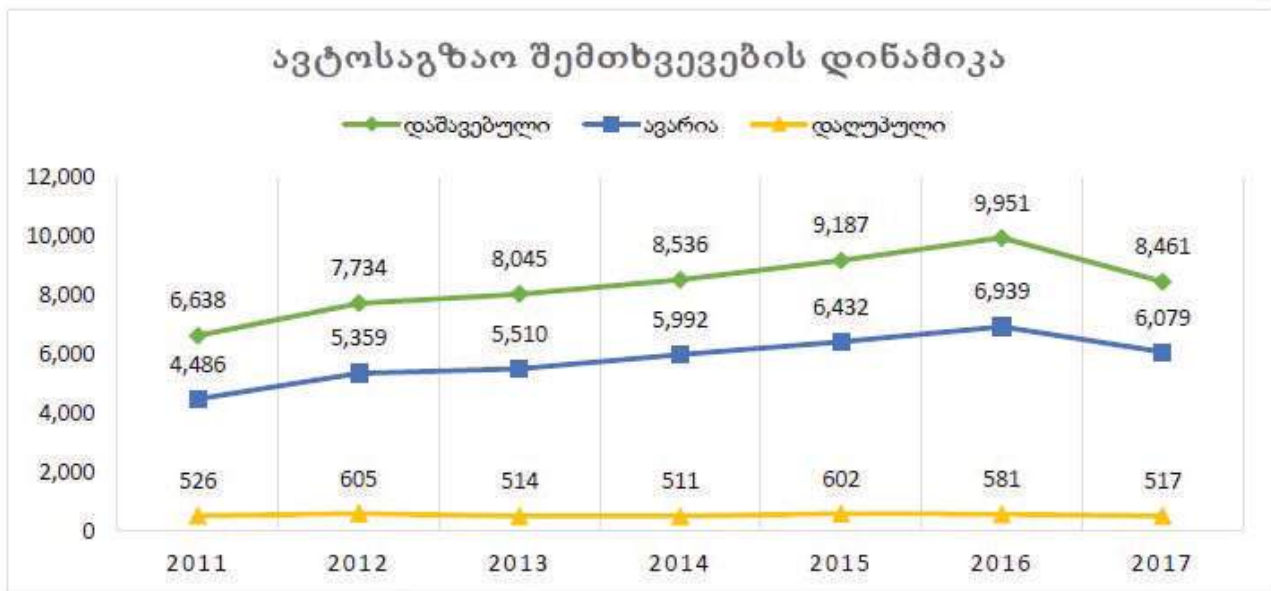
„ყოველწლიურად საქართველოს გზებზე ათასობით ავტოსაგზაო შემთხვევა ხდება, რაც იწვევს ჯანმრთელობის დაზიანებისა და ფატალური შემთხვევების მნიშვნელოვან ზრდას, სხვა ევროპულ ქვეყნებთან შედარებით.“

სახელმწიფო აუდიტის სამსახურის ანგარიშის მი-

ხედვით, სხვადასხვა ქვეყნის გამოცდილებამ ცხადყო, რომ გამართული საგზაო უსაფრთხოების სისტემით შესაძლებელია ავტოსატრანსპორტო შემთხვევებით გამოწვეული ტრავმებისა და ლეტალური შემთხვევების პრევენცია.

ანგარიშის მიხედვით, საქართველოში 2011-2017 წლებში ავტოსაგზაო შემთხვევები, ფაქტობრივად, არ იკლებს. აუდიტი წერს, რომ 2017 წელს ქულათა სისტემის დანერგვამ და უკონტაქტო პატრულირებამ გარკვეული შედეგი გამოიღო, მაგრამ სტატისტიკა აჩვენებს, რომ დანერგილი მექანიზმები არასაკმარისია. 2017 წელს 8 461 ისეთი ავტოსაგზაო შემთხვევა მოხდა, რომელზეც სისხლის სამართლის საქმე აღიძრა.

სისხლის სამართლის ავტოსაგზაო შემთხვევების დინამიკა 2011-2017 წლები



დიაგრამა 2. ავტოსაგზაო შემთხვევების დინამიკა საქართველოში

აუდიტის ანგარიშის მიხედვით, ავტოსაგზაო შემთხვევების ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია თბილისშია - 47 %. მაგრამ ავტოსაგზაო შემთხვევებში ლეტალური შედეგის წილი რეგიონულ გზებზე უფრო მაღალია - 49 %, მაშინ როცა თბილისში ავტოავარიების 17% დასრულდა სიკვდილით. აღნიშნული მიმოხილვიდან ჩანს, რომ საქართველოს რაიონებში საავტომობილო საგზაო ინფრასტრუქტურა უსაფრთხოების თვალსაზრისით შემდგომ მოწესრიგებას საჭიროებს.

არსებობს საავტომობილო გზების კლასიფიცირების რამდენიმე სისტემა.

საქართველოში საავტომობილო საგზაო ინფრასტრუქტურა კლასიფიცირდება 5 კატეგორიად [2]. რაც უფრო მაღალი კატეგორიისაა გზა, მით უფრო უზრუნველყოფილია უსაფრთხოების ზომებით. ქვემოთ წარმოდგენილია საავტომობილო გზის კლასიფიკაციის სქემა.

საქართველოს ტერიტორიის ძირითადი ნაწილი მთა-გორიან ლანდშაფტს წარმოადგენს, რაც ბუნებრივად ამცირებს გზების კატეგორიას, ვინაიდან მაღალი კატეგორიის ჩქაროსნული გზების გაყვანა მთიან რეგიონებში ძვირადღირებულ სამშენებლო სამუშაოებთან არის დაკავშირებული. საქართველოს დღევანდელ პირობებში აუცილებელია უსაფრთხოების დონის ამაღლება არსებული კატეგორიის გზებზე. კერძოდ, ეს ძირითადად შეეხება ხეობებში გამავალი გზების გვერდითა საგზაო ბარიერების დამონტაჟების პროცესს.

საქართველოს თანამედროვე საავტომობილო ინფრასტრუქტურაში ჭარბობს II – V კატეგორიის გზები, მათ შორის 1595 კმ-მდე არის საერთაშორისო მნიშვნელობის გზები, ხოლო 5372.6 კმ არის ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები [3]. მათ უმრავლესობას გზის საფარის ბარიერული გამყოფი ზოლის ნაგებობა არ გააჩნიათ. ასევე გზის საფარის გვერდითი დამცავი ნაგებობები წარმოდგენილია მხოლოდ გზის კრიტიკული რისკის უბნებზე.

საქართველოს საავტომობილო გზების კლასიფიკაციის სქემა

საავტომობილო გზის კლასი	საავტომობილო გზის კატეგორია	სამომდროეო ზოლების საერთო რაოდენობა	სამომდროეო ზოლის სიგანე	გამყოფი ზოლის არსებობა	სხვა სატრანსპორტო კომუნიკაციით კვეთა
ავტომაგისტრალი	IA	4 და მეტი	3,75 მ	აუცილებელია	არ დაიშვება
ჩქაროსნული გზა	IB	4 და მეტი	3,75 მ	აუცილებელია	არ დაიშვება
ჩვეულებრივი გზა	IC	4 და მეტი	3,75 მ	აუცილებელია	არ დაიშვება
	II	2 ან 3	3,5 მ	დასაშვებია	დაიშვება თანაბარი კატეგორიის
	III	2	3,5 მ	არ არის აუცილებელი	დაიშვება თანაბარი კატეგორიის
	IV	2	3,0 მ	არ არის აუცილებელი	დაიშვება თანაბარი კატეგორიის
	V	1	4,5 მ ან მეტი	არ აქვს	დაიშვება თანაბარი კატეგორიის

პრობლემის მრავალმხრივი განზომილების მიუხედავად, ერთ-ერთ ძირითად განსახორციელებელ ღონისძიებას წარმოადგენს საქართველოს ყველა კატეგორიის გზაზე დამატებითი საგზაო უსაფრთხოების ღონისძიებების გატარება. ასეთ ღონისძიებათა რიცხვს მიეკუთვნება საავტომობილო გზების უწყვეტი დამცავი ბარიერებით აღჭურვის საკითხი. აღნიშნული მიმართულებით თანამედროვე წამყვან ინდუსტრიულ ქვეყნებში სულ უფრო ფეხს იკიდებს საავტომობილო გზების აღჭურვა დამცავი საბაგირო ბარიერების გამოყენებით. ასეთი ბარიერები გამოირჩევიან მაღალი დეფორმატულობით, რაც მათ დამცავ ფუნქციას აუმჯობესებს. ცნობილია, რომ ასეთ შემთხვევაში საბაგირო ბარიერების დათმობის უნარის გამო სატრანსპორტო საშუალების ბარიერზე დაჯახების დროს დარტყმის იმპულსის მოქმედების ხანგრძლივობა იზრდება, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სატრანსპორტო საშუალებაზე ბარიერის მხრიდან მიყენებული დაზიანებების ხარისხს.

საბაგირო ბარიერებს ძირითადად განასხვავებენ ბარიერის კონსტრუქციაში მონაწილე ფოლადის ბაგიერების რაოდენობის და ბოძებზე მათი დამაგრების კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით. თანამედროვე საავტომობილო გზებზე დღეისათვის უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით ძირითადად გამოიყენება სამ და ოთხ ბაგიერიანი ბარიერების სისტემები.

საბაგირო ბარიერების სისტემების კვლევების ისტორია გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან იწყება. პირველი პუბლიკაციები გამოჩნდა დიდ ბრიტანეთში და ამერიკის შეერთებულ შტატებში. 1967 წელს ჯეკიუმ და ლეიკერმა [4] გამოთქვეს მოსაზრება, რომ საბაგირო ბარიერების ეფექტურობაში გადამწყვეტი როლი ენიჭება ბარიერების სვეტების სიმაღლეს და ბაგიერების გაკიდების წესს.

60-იანი წლების ბოლოს გრეკემმა და სხვ. ნიუ-იორკის საზოგადო სამუშაოთა დეპარტამენტის დაკვეთით დაასრულეს ექვსწლიანი ექსპერიმენტული კვლევა, რის შედეგადაც გაირკვა, რომ საუკეთესო შედეგი აჩვენა 315.7 სტანდარტით შესრულებულმა საბაგირო ბარიერებმა, სადაც გამოყენებული იყო 19,6 მმ დიამეტრის სამი ფოლადის ბაგიერი. ბარიერის სიმაღლე იყო 762 მმ, ბაგიერებს შორის მანძილი 76 მმ და ბარიერის მეზობელ სვეტებს შორის მანძილი შეადგენდა 4880 მმ.

საქართველოში საბაგირო ბარიერების ტიპური პროექტები დამუშავდა და შესრულდა საბჭოთა კავშირის დროს გასული საუკუნის 80-იან წლებში.

ქვემოთ წარმოდგენილია სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონების დამაკავშირებელ გზაზე აგებული გვერდითა დამცავი საბაგირო ბარიერების სურათები. არსებული სტანდარტი ითვალისწინებს საბაგირო ბარიერების მოწყობას ორი ბაგიერის გამოყენებით, რაც დღეისათვის რამდენადმე მოძველებულ სისტემებს განეკუთვნება.



სურ. 1, 2. საბჭოთა სტანდარტით შესრულებული საბაგირო ბარიერები სამეგრელო - ზემოსვანეთის საგზაო მონაკვეთზე

შედარებისთვის ქვემოთ წარმოდგენილია ამერიკის შეერთებულ შტატებში მოქმედი საბაგირო ბარიერების სტანდარტული ვარიანტები, სადაც საბაგირო ბარიერის სიმაღლე გაზრდილია და მომატებულია შემადგენელი ბარიერების რაოდენობა, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ბარიერის დამცავი თვისების ეფექტურობას.



სურ. 3,4. საბაგირო ბარიერების კონსტრუქციული გადაწყვეტილებები ამერიკის შეერთებული შტატების მაგალითზე

ცხრილი 2

ბარიერის დამჭერი დონე			ავტომობილის მასა M, ტ / სიჩქარე დაჯახებისას V, კმ/სთ			
დონის მაჩვენებელი	აღნიშვნა	დარტემის ენერგია (კჯოული)	მსუბუქი ავტო ტ/ კმ/სთ	სატვირთო ავტო ტ/ კმ/სთ	ავტობუსი ტ/ კმ/სთ	ავტო მატარებელი ტ/ კმ/სთ
მაღალი დონე	L1	130	1,0/80	12/50	-	-
	L2	190	1,0/80	12/60	12/60	-
	L3	250	1,0/90	16/60	12/65	-
	L4	300	1,0/90	16/65	15/67	-
	L5	350	1,0/90	18/65	15/72	-
	L6	400	1,2/90	18/70	20/67	-
	L7	450	1,2/100	18/75	20/71	-
	L8	500	1,5/100	22/71*	-	35/56**
	L9	550	1,5/100	22/75*	-	35/60**
უმაღლესი დონე	L10	600	1,5/100	22/73*	-	35/62**

\* სამ / ოთხღერძიანი სატრანსპორტო საშუალება;  
 \*\* ოთხ / ხუთღერძიანი სატრანსპორტო საშუალება;  
 შენიშვნა: ავტომობილის ბარიერზე დაჯახების საანგარიშო კუთხე არის 20° ავტომატარებლისათვის - 15°

საბაგირო ბარიერების თანამედროვე სტანდარტი ითვალისწინებს ბარიერის დამცავი უნარის შეფასებას სატრანსპორტო საშუალების მხრიდან ბარიერზე განვითარებული კინეტიკური ენერჯის მიხედვით. აღნიშნული მიდგომის საფუძველზე შემოთავაზებულია 10 ენერგეტიკული გრადაცია, რომელიც ქვემოთ ნაჩვენებია ცხრილი-2-ის სახით, სადაც თითოეული ენერგეტიკული დონე დახასიათებულია ზღვრული ენერგეტიკული მაჩვენებლით, ბარიერზე მოქმედი სატრანსპორტო საშუალების წონით და სიჩქარით, რომლის უზრუნველყოფა უნდა მოახდინოს სათანადო დონის შესაბამისმა საბაგირო ბარიერმა სატესტო გამოცდის დროს და რეალობაში.

- დასკვნების სახით შესაძლებელია ითქვას:
- საქართველოს არსებულ საავტომობილო გზებზე საჭიროა გვერდითი დამცავი ბარიერების დამონტაჟება არა მხოლოდ მაღალი რისკის უბნებზე. ეს განსაკუთრებით შეეხება მაღალმთიანი რეგიონების საგზაო ინფრასტრუქტურას;
  - საჭიროა ფართოდ დავენერგოთ ახალი ტიპის საბაგირო ბარიერების პროგრესული კონსტრუქციული სიახლეები;
  - საჭიროა შესაბამისი თანამედროვე საპროექტო მეთოდების ათვისება და პრაქტიკაში მათი გამოყენება.

**ლიტერატურა**

1. <http://liberali.ge/news/view/35543/auditi-40-qveya-nas-shoris-saqartveloshi-protsentulad-yvelaze-meti-avaria-dasrulda-mskhverplit>
2. [https://gtu.ge/Library/Pdf/El\\_wignebi/saavt\\_gzebi.pdf](https://gtu.ge/Library/Pdf/El_wignebi/saavt_gzebi.pdf)

3. საქართველოს მთავრობის დადგენილება N 491, 2017 წლის 2 ნოემბერი
4. Cable Barrier Literature Review, Coon, B.A., Faller, R.K. and Reid, J.D., MWRFSF Research Report No. TRP-03-118-02 July 10, 2002, pp. 1.

НОЗАДЗЕ Г.Ч., ПАТАРАЯ Д.И., ДЗИГВАШВИЛИ В.Р., КОБИДЗЕ Т.Р., МАЙСУРАДЗЕ Р.Г., АХВЛЕДИАНИ Г.  
КАНАТНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ БАРЬЕРЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ДОРОГАХ ГРУЗИИ

NOZADZE G., PATARAIA D., KOBIDZE T., DZIGVASHVILI D., MAISURADZE R., AKHVLEDIANI G.  
CABLE PROTECTIVE BARRIERS AND THEIR RATIONAL USE IN GEORGIAN ROAD

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассматриваются вопросы и проблемы внедрения канатных ограждений в автодорожную инфраструктуру страны. Показана технологическая разница между опытом местных и передовых стран по канатным ограждениям. Высказано мнение об оснащении высокогорной дорожной инфраструктуры Грузии канатными ограждениями. Предложены технологические требования энергетических характеристик в проектировании канатных ограждений в соответствии со стандартом.

**ANNOTATION.** The article deals with the issues and problems of using cable barriers in the road infrastructure of the country. The technological difference between the experience of Georgia and advanced countries on cable barriers is shown. An opinion was expressed about the presence of a high degree of road danger due to the carrying capacity of cable barriers. Technological requirements for energetical characteristics in the design of cable barriers in accordance with the standard are proposed.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** канатные ограждения; канаты; энергетический показатель; автомобильные дороги; категория дороги.

**KEY WORDS:** cable barriers; cable; energetical characteristic; car roads; road category.

უკვ 622. 8 : 614

აკად. დოქტორი, პროფესორი ა. ბეჟანიშვილი

**ქანის ტანგენციური ჭრის სახეობის ძირითადი კანონზომიერებები და მათი ანალიზი**

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ქანის ტანგენციური ჭრის სახეობის ძირითადი კანონზომიერებები. კვლევები ჩატარებული იქნა ჭიათურის მანგანუმის საბადოს ნიმუშებზე ტანგენციური PK-8 საჭრისებით. დადგინდა, რომ ტანგენციური ჭრისას ქანის დაშლაზე წინააღმდეგობის შესაფასებლად ყველაზე უფრო საიმედო კრიტერიუმებია ქანის კონტაქტური სიმტკიცისა და ერთღერძა კუმშვაზე დროებითი წინააღმდეგობის მაჩვენებლები. ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ საფეხურის სიმაღლის და ჭრის ბიჯის გავრდიტ ჭრის ძალა იზრდება. ამასთან, ტანგენციური ჭრა ეფექტურია

მაშინ, როდესაც საფეხურის სიმაღლე 20 მმ და მეტია. შესწავლილი იქნა აგრეთვე ჭრის ზედაპირის მიმართ საჭრისის დახრის კუთხის გავლენა ჭრის ძალებზე, აგრეთვე ტანგენციური ჭრისას მჭრელი იარაღის ცვეთის ძირითადი კანონზომიერებები.

საკვანძო სიტყვები: ტანგენციური ჭრა; საფეხურის სიმაღლე; ჭრის ბიჯი; მჭრელი იარაღი; ჭრის ძალა; ჭრის სიჩქარე; დროებითი წინააღმდეგობა ერთღერძა კუმშვაზე; ხვედრითი ენერგობარჯები; აბრაზიულობა; ცვეთა; კორელაციური კავშირი.

გვირაბგასაყვანი კომბინების შემსრულებელი ორგანოებით ჭრის სხვადასხვა სახეობით ქანის მექანიკური დაშლისას XX საუკუნის 70 წლებში შემოთავაზებული იქნა ქანის ჭრით დაშლის სახეობების ზოგადი კლასიფიკაცია [1], რომელიც შემდგომში რამდენჯერმე გადაკეთდა და სრულყოფილი იქნა. აღნიშნულ კლასიფიკაციაში ყურადღებას იპყრობდა ტერმინი „ნახევრადბლოკირებული ჭრა“ (გამიშვლების ორი ზედაპირით, სანგრევის გადანაჭერის ზედაპირის გათვალისწინების გარეშე).

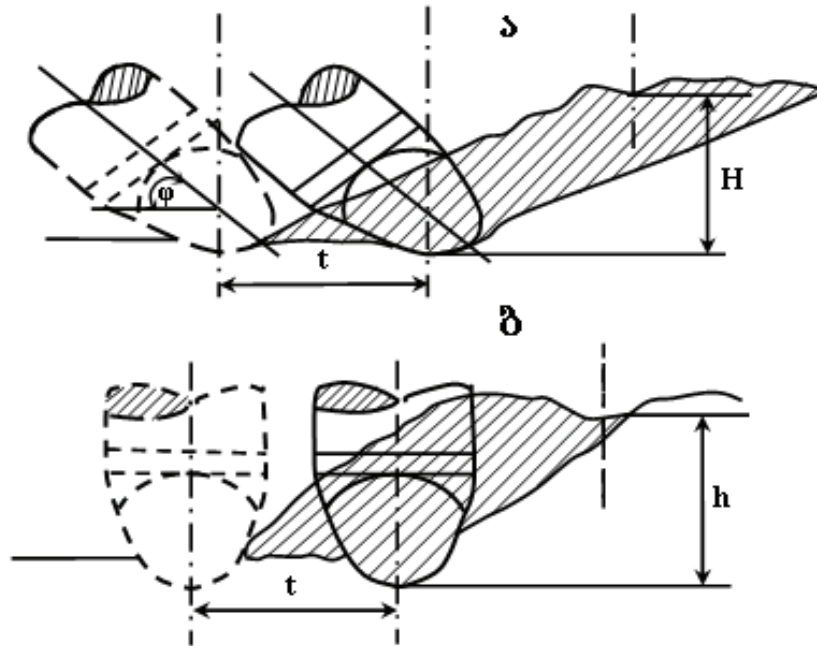
ჭრის ამ სახეობას ჩვენს მიერ [2], ასევე რიგი ავტორების მიერ [3] ჩატარებული კვლევების საფუძველზე ეწოდა „შეჭრით დაშლა“. ჭრის აღნიშნული სახეობით როგორც საჭრისების, ასევე ფრეზ-სალარავებით ჩატარებულმა შემდგომმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ქანის დაშლის მექანიზმის მნიშვნელოვანი ცვლილების გამო მიზანშეწონილი იყო ჭრის ეს სახეობა განსაკუთრებული განხილვის საგანი გამხდარიყო.

ქანის აღნიშნული სახეობით ჭრისას იარაღი გა-

დაადგილდება სამი მიმართულებით, დახრილია მახვილი კუთხით დაშლის ზედაპირის მიმართ, წარმოქმნის საფეხურს გამიშვლების ორ ზედაპირთან და ხასიათდება მსხვილი ფრაქციების მოტეხვით საფეხურის დაშლისას. ქანის რღვევისთვის გამოყენებულ დაშლის ასეთ სახეობას ტანგენციური ჭრა ეწოდა.

ტანგენციური ჭრის მაღალი ეფექტურობისთვის საჭიროა სპეციალური კონსტრუქციის, შეცვლილი გეომეტრიის საჭრისების გამოყენება. ასეთ საჭრისებს მიზანშეწონილია ეწოდოს ტანგენციური მჭრელი იარაღი.

ნახ. 1-ის თანახმად მჭრელი იარაღი გადაადგილდება მოსანგრევი საფეხურის გასწვრივ, რომლის სიმაღლეა  $H$  და შეიჭრება მასში. ამასთან, საჭრისი დახრილია დაშლის ზედაპირის მიმართ  $\varphi$  კუთხით. სწორედ ეს თავისებურებები განასხვავებს ტანგენციური ჭრას ჩვეულებრივი ნახევრადბლოკირებული ჭრისგან, რომელსაც ხშირად ჭრის განმეორებით სახეობად მოიხსენიებენ (ნახ. 1, ბ).



ნახ. 1. ტანგენციური (ა) და ჩვეულებრივი ნახევრადბლოკირებული (განმეორებითი) ჭრა (ბ)

ტანგენციური ჭრის სახეობით ჩატარებულმა პირველივე კვლევებმა აჩვენა, რომ იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც საჭრისის თავი შედარებით მცირე ზომისაა, ბურბუშელას (გადანაჭრის) კვეთის ფართობი დიდია, რის გამოც ქანის დაშლის ხვედრითი ენერგოტევადობა მცირდება. ფაქტობრივად ბურბუშელას კვეთის ფართობი ტანგენციური ჭრისას აღემატება განმეორებითი ჭრის  $th$  სიდიდეს (ნახ. 1, ბ). ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ პირველმა კვლევებმა მართალია მოგვცა მნიშვნელოვანი ინფორმაცია ტანგენციური ჭრის სახეობასთან დაკავშირებით, მაგრამ არსებული საჭრისები მათი დაბალი სიმტკიცისა და ცვეთამედეგობის გამო უფარგის გამოდგა საშუალო სიმაგრის ქანების ტანგენციური ჭრისთვის. შემდგომში დამუშავდა PK-8 საჭრისების სპეციალური კონსტრუქცია (გაიზარდა

მჭრელი პირების სიმტკიცე, შემცირდა საჭრისების კუთრი ხარჯი). სამწუხაროდ, ექსპერიმენტების მცირე რაოდენობა, რომელიც ამასთან, თითქმის ყველა შემთხვევაში ჩატარდა პრაქტიკულად ბასრი საჭრისებით, არ იძლეოდა ტანგენციური ჭრისას მჭრელი იარაღის ცვეთის კანონზომიერების რაოდენობრივი შეფასების საშუალებას, არ იქნა დადგენილი მჭრელი იარაღის რაციონალური პარამეტრები იმ ქანების დაშლისას, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი პროფ. პროტოდიაკონოვის სკალის მიხედვით აღემატება 4-ს, აგრეთვე ტანგენციური ჭრის რეჟიმის პარამეტრების მიზანშეწონილი მნიშვნელობები.

აღნიშნული პრობლემის აქტუალობიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა სპეციალური კვლევები. ამასთან, ტანგენციური ჭრისთვის მიღებული

იქნა შემდეგი ტერმინები:

დაშლის ბიჯი (t) - ტანგენციური მჭრელი ინსტრუმენტის მეზობელ გავლის ხაზებს შორის მანძილი. ეს მანძილი შეესაბამება ქანის ლენტის სიგანეს, რომელსაც ტანგენციური მჭრელი ინსტრუმენტი ანგრევს ერთი გავლისას. მას ტანგენციური ჭრის ბიჯი შეიძლება ეწოდოს;

საფეხურის სიმაღლე (H) – ქანის ლენტის სისქე მჭრელი ინსტრუმენტის გავლისას. ეს სიდიდე ამასთან, ინსტრუმენტის ერთი ციკლით მოძრაობისას ქანის მოსანგრევი შრის სისქის ტოლია.

ქანის ლენტის განივკვეთის ფართობი ტანგენციური მჭრელი იარაღის ერთი გავლისას ტოლია:

$$S = tH$$

ზედაპირს, რომელიც წარმოიქმნება საფეხურის დაშლისას, დაშლის ზედაპირი ეწოდება.

მუშაობის პროცესში ტანგენციური მჭრელი იარაღი გადაადგილდება საფეხურის H სიმაღლეზე განივი მიწოდების  $V_{\delta}$  სიჩქარით, საფეხურის გასწვრივ ჭრის სიჩქარით  $V_{\chi}$ , საფეხურის მხარეს ჭრის სიჩქარის პერპენდიკულარულად მიწოდების სიჩქარით  $V_{\rho}$ , ამასთან ზემოქმედებს საფეხურის ფუძეზე და ახდენს ქანის ელემენტების მოხლეჩას გაშიშვლებული ზედაპირის მიმართულებით.

მჭრელი იარაღის დახრის კუთხე ტანგენციური ჭრისას  $\varphi$  ესაა კუთხე საჭრისის ღერძსა და დაშლის ზედაპირს შორის (ნახ. 1, ა).

ტანგენციური ჭრისას ქანის დაშლისთვის საჭირო ძალა პირობითად შეიძლება დაიყოს სამ მდგენელად:

- ა. ჭრის ძალა  $P_z$ , რომელიც მოქმედებს ჭრის მიმართულებით;
- ბ. მიწოდების ძალა  $P_y$ , რომელიც მიმართულია საფეხურის მხარეს;
- გ. გვერდითი ძალა  $P_x$ , რომელიც პერპენდიკულარულია  $P_z$  და  $P_y$  ძალებისა.

ქანის სიმაგრის შესაფასებლად მიღებულია ქანის

სიმაგრის კოეფიციენტი f პროფ. პროტოდიაკონოვის სკალის მიხედვით. მისი ექსპერიმენტული განსაზღვრისთვის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია ერთლერძა კუმშვაზე დროებითი წინაღობის მაჩვენებლების  $n_3$  განსაზღვრა სწორი ფორმის ნიმუშების (კუბური ან ცილინდრული ფორმის) გამოცდის გზით. სიმაგრის კოეფიციენტების არსებითი ღირებულებაა ის, რომ ისინი მიახლოებით კორელაციაშია ქანების დაშლის პრაქტიკულად ყველა ხერხის მაჩვენებლებთან, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების თანამედროვე ტექნოლოგიაში. ამიტომ სიმაგრის კოეფიციენტი საიმედო კრიტერიუმია ქანის დაშლის სხვადასხვა ხერხის შედარებისთვის, აგრეთვე საპროგნოზო გაანგარიშების, პერსპექტიული დაგეგმარების, დაზვერვის სტადიაზე საბადოს შესაძლებლობების მიახლოებითი შეფასებისა და მექანიზაციის შესაძლო მიმართულებების შეფასებისთვის.

ამასთან, სხვადასხვა სამთო-გეოლოგიურ პირობებში გვირაბგამყვანი მანქანების შემსრულებელი ორგანოების გაანგარიშებისა და მუშაობის რეჟიმის რაციონალური პარამეტრების განსაზღვრისათვის სიმაგრის საერთო კოეფიციენტები არ არის საკმარისად ზუსტი. ამ მიზნისათვის მიზანშეწონილია სიმაგრის სპეციალიზებული მაჩვენებლების გამოყენება, რაც გაანგარიშების სიზუსტის 1,5-2-ჯერ გაზრდის საშუალებას იძლევა. კვლევებით დადგენილია, რომ ქანების ჭრისთვის ჭრის წინააღმდეგობის ყველაზე უფრო უტყუარი კრიტერიუმია კონტაქტური სიმტკიცე  $P_k$ .

ბუნებრივია, რომ ტანგენციური ჭრის შესწავლისას ქანების თვისებების კრიტერიუმებად ჩვენს მიერ მიღებული იქნა მათი კონტაქტური სიმტკიცის და ერთლერძა კუმშვაზე დროებითი წინაღობის მაჩვენებლები.

კვლევები ჩატარებული იქნა ჭიათურის მანგანუმის საბადოს ქანებზე. ყველა მათგანზე განსაზღვრული იქნა კონტაქტური სიმტკიცის და ერთლერძა კუმშვაზე დროებითი წინაღობის მაჩვენებლები (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

ქანი	კონტაქტური სიმტკიცე $P_k$ , კგ/მმ <sup>2</sup>	დროებითი წინაღობა ერთლერძა კუმშვაზე, $n_3$ /კგ/სმ <sup>2</sup>	ძალების მნიშვნელობა ეტალონურ რეჟიმში, კგ		
			$P_z$	$P_y$	$P_x$
ოლითური მადანი	8,1	202	44	33	32
მადანი ქვალი	11,0	265	68	47	51
ქვიშაქვა	26,6	577	167	104	113
ოლითური მადანი	30,0	611	196	110	141
კარბონატული მადანი	51,0	1076	308	242	235

კვლევები ჩატარდა პრაქტიკულად ბასრი PK-8 ტიპის საჭრისებით ტანგენციური ჭრის სახეობით ეტალონურ რეჟიმში ქანების დაშლისას: საფეხურის სიმაღლე  $H=30$  მმ; ბიჯი  $t=5$  მმ; ჭრის სიჩქარე  $V=0,22$  მ/წმ; მჭრელი იარაღის დახრის კუთხე ჭრის ზედაპირთან  $\varphi=45^\circ$ ; აღნიშნულ რეჟიმში განსაზღვრული იქნა საჭრისზე მოქმედი ძალები  $P_z, P_y, P_x$ . მათი მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 1. მასში გამოსაცდელი ქანები განლაგებულია ჭრის ძალების მნიშვნელობების მატების შესაბამისად.

როგორც ექსპერიმენტების შედეგებმა გვიჩვენა (ცხრ. 1), კავშირი კონტაქტურ სიმტკიცესა და ჭრის ძალებს შორის საკმაოდ მჭიდროა - საშუალო კვადრატული ფარდობითი გადახრა (ვარიაციის კოეფიციენტი) 8,8 %-ია. ასევე არსებობს კავშირი ერთდერმა კუმშვაზე ქანის დროებით წინააღმდეგობასთან, თუმცა გადახრა აქ მნიშვნელოვნად მეტია.

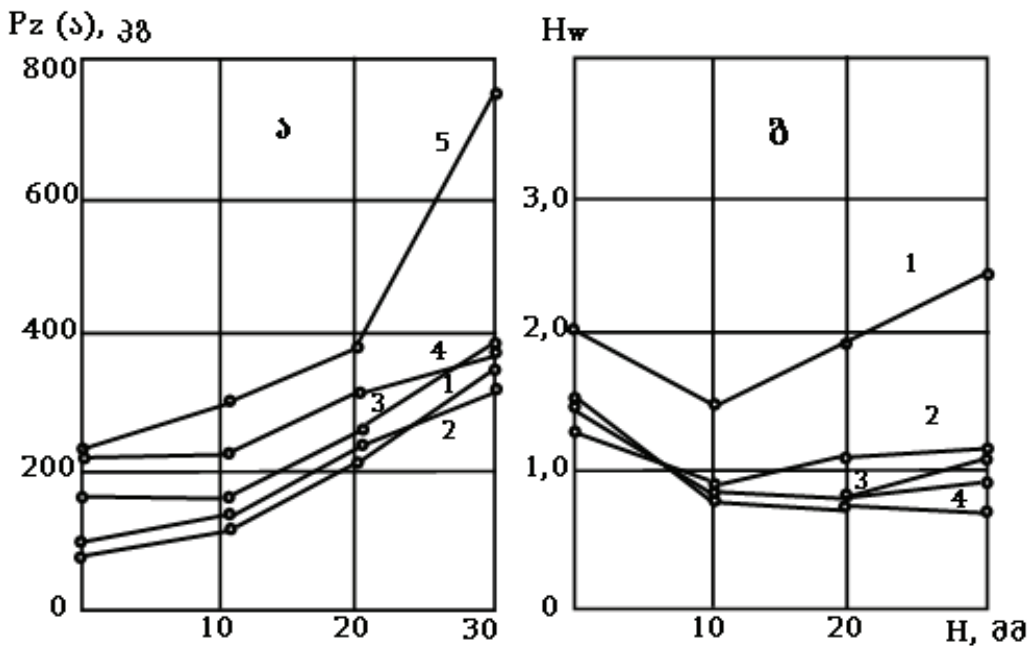
ამრიგად, ჩატარებული კვლევების შედეგად ცალსახად შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ქანის კონტაქტური სიმტკიცის კოეფიციენტი ტანგენციური ჭრის შემთხვევაში საკმარისად ზუსტად აფასებს ქანის წინააღმდეგობას და შეიძლება მივიჩნიოთ ქანის სიმარის სპეციალიზებულ მაჩვენებლად ტანგენციური ჭრისას და შესაბამისად ქანის დაშლის ძირითად კრიტერიუმად გვირაბგასაყვანი კომბაინების მუშაობისას.

ჩვენს მიერ ჩატარდა ცდები ტანგენციური ჭრის

პარამეტრების და მჭრელი იარაღის გეომეტრიის ჭრის ძალასა და ხვედრით ენერგოტევადობაზე გავლენის დადგენის მიზნით. კვლევები ჩატარდა ჭიათურის მანგანუმის საბადოს ოლითური მადნის ნიმუშებზე, რომლის კონტაქტური სიმტკიცე  $P_k=30$  კგ/მმ<sup>2</sup>, ბურბუმელას კვეთი 0,5-20 სმ<sup>2</sup>-ია.

ექსპერიმენტები ჩატარდა განმეორებითი და ტანგენციური ჭრის სახეობებისთვის. მჭრელ იარაღად გამოყენებული იქნა PK-8 ტიპის პრაქტიკულად ბასრი საჭრისები. საჭრისის დახრის კუთხემ დაშლის ზედაპირთან  $\varphi$  ტანგენციური ჭრისას შეადგინა 45, 60 და 75°, ხოლო განმეორებითი ჭრისას  $\varphi=90^\circ$ . ჭრის ძალების გაზომვა მოხდა სამკომპონენტური დინამომეტრით, ჭრის ძალების მდგენელების რეგისტრაციისთვის გამოყენებული იყო H-010 ტიპის ოსცილოგრაფი და გამაძლიერებელი. ერთმნიშვნელობიანი ცდების რაოდენობა უმეტეს შემთხვევაში იყო 5, რამაც განაპირობა განსაზღვრის საკმაოდ მაღალი სიზუსტე. საფეხურის სიმაღლე H იყო 10, 20, 30 და 40 მმ, ხოლო ბიჯი t იცვლებოდა 5-50 მმ დიაპაზონში. ჭრის სიჩქარე იყო მუდმივი - 0,25 მ/წმ.

ჩატარებული ცდების შედეგად დადგინდა, რომ საფეხურის სიმაღლის H გაზრდით ჭრის ძალა  $P_z$  იზრდება ჭრის ბიჯის t ყველა მნიშვნელობისთვის (ნახ. 2, ა).



ნახ. 2. საფეხურის სიმაღლის H გავლენა ჭრის ძალებსა  $P_z$  (ა) და ხვედრით ენერგოხარჯებზე (ბ) ჭრის ბიჯის t მმ მნიშვნელობისას: 1-10; 2-20; 3-30; 4-40; 5-50

ანალოგიურ გავლენას ახდენს საფეხურის სიმაღლე H მიწოდების ძალასა  $P_y$  და გვერდით ძალაზე  $P_x$ .

ხვედრითი ენერგოხარჯები საფეხურის სიმაღლის გაზრდით, როგორც წესი, ჯერ მცირდება, შემდეგ კი იზრდება (ნახ. 2, ბ). განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შემცირება 10 მმ-დან 20 მმ საფეხურის სიმაღლეზე გადასვლისას. იმ შემთხვევაში, როდესაც ბიჯი 10 და

20 მმ-ია, ენერგოტევადობის მიხედვით ოპტიმალურია საფეხურის სიმაღლე 20 მმ; როდესაც  $t=30$  მმ  $-25 \div 30$  მმ; როდესაც  $t=40$  მმ  $_{30} \div 40$  მმ. ჩატარებული ცდების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ტანგენციური ჭრა ეფექტურია მაშინ, როდესაც საფეხურის სიმაღლე  $H=20$  მმ და მეტია. საფეხურის ქვედა ოპტიმალური ზღვარი, ჩვენი მოსაზრებით

დამოკიდებულია საჭრისის კონსტრუქციაზე და უპირველეს ყოვლისა მის სიგანეზე.

რაც შეეხება ჭრის ბიჯის  $t$  გავლენას ჭრის ძალასა და ჭრის პროცესის ხვედრით ენერგოტევადობაზე  $H_w$ , შედეგები ანალოგიურია: ბიჯის გაზრდით პირდაპირპროპორციულად იზრდება ჭრის ძალები საფეხურის სიმაღლის ყველა მნიშვნელობისას. იგივე შეიძლება ითქვას  $P_y$  და  $P_x$  ძალებზე.

ხვედრითი ენერგობარჯების  $H_w$  ცვლილების ხასიათი ჭრის ბიჯისგან  $t$  დამოკიდებულებით საფეხურის სიმაღლის  $H$  სხვადასხვა მნიშვნელობისას არაერთგვაროვანია.  $H=20$  მმ სიმაღლისას  $H_w$  მცირდება  $t=25$  მმ-მდე ბიჯის შემთხვევაში, ხოლო ბიჯის შემდგომი გაზრდისას 50 მმ-მდე პრაქტიკულად უცვლელია.  $H=30$  მმ შემთხვევაში  $H_w$  მინიმალური მნიშვნელობა მიიღება, როდესაც  $t=40 \div 50$  მმ;  $H=40$  მმ შემთხვევაში მინიმუმი ვერ იქნა მიღწეული.

მიღებული შედეგების ანალიზის თანახმად ტანგენციური ჭრისას, როდესაც საფეხურის სიმაღლე 20 მმ-ია, ბიჯის მნიშვნელობების ოპტიმალური დიაპაზონი (როდესაც ქანის დაშლაზე ენერგოდანახარჯები მინიმალურია) დაახლოებით 25-50 მმ-ია.

ყურადღებას იმსახურებს კვლევები, რომლებიც ჩატარდა ჭრის ძალებზე ბიჯის გავლენის დადგენის მიზნით, ჭრის ზედაპირის მიმართ საჭრისის დახრის კუთხის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის. იმ შემთხვევაში, როდესაც  $\varphi=45^\circ$  და  $60^\circ$  ანუ როდესაც ტანგენციური ჭრა უფრო ეფექტურია, ჭრის ძალები იზრდება ბიჯის პროპორციულად. იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭრისის დახრის კუთხე  $75^\circ$ -ის ფარგლებშია (ან  $90^\circ$ -ია) ბიჯის გაზრდით  $P_z$  ძალა იზრდება ბიჯის პროპორციულად მანამდე, სანამ შენარჩუნებულია ნახევრადბლოკირებული ჭრა. ბიჯის შემდგომი გაზრდისას სწრაფად იზრდება ჭრის ძალა.

ჭრის ძალებსა და ხვედრით ენერგოტევადობაზე საჭრისის დახრის კუთხის  $\varphi$  გავლენასთან დაკავშირებით ჩატარებული ცდების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

- ჭრის ძალა  $P_z$  საჭრისის დახრის კუთხის  $\varphi$  გაზრდასთან ერთად ბიჯის  $t$  სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის, უმეტეს შემთხვევაში იზრდება;
- ყველა შემთხვევაში ჭრის ძალები განმეორებითი ჭრისას ( $\varphi=90^\circ$ ) მეტია, ვიდრე ტანგენციური ჭრის ძალები. ამასთან, სხვაობა მეტია ბიჯის დიდი მნიშვნელობებისას (40 და 50 მმ);
- საჭრისის დახრის კუთხის  $\varphi$  სიდიდე, რომელიც შეესაბამება ჭრის ძალის მინიმალურ მნიშვნელობას, მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ტანგენციური ჭრის რეჟიმის პარამეტრებზე:

- ა) ბიჯის გაზრდით ჭრის ძალის მინიმუმი გადაადგილდება საჭრისის დიდი დახრის კუთხეებისკენ;
- ბ) საფეხურის სიმაღლის გაზრდისას ჭრის ძალის მინიმუმი გადაადგილდება ჭრის კუთხის მცირე სიდიდეებისკენ.

ქანების ტანგენციური სახეობით ჭრისას მჭრელი იარაღის ცვეთის ძირითადი კანონზომიერებების შესწავლის მიზნით ჩატარდა სპეციალური კვლევები.

კვლევებით დადგინდა, რომ ტანგენციური ჭრისას საჭრისის ქანთან კონტაქტის საწყის პერიოდში ცვეთა

სწრაფად მატულობს, შემდეგ კი საჭრისის მიერ გავლილი გზის სიგრძის პროპორციულია. საჭრისის უკანა წახნაგის მაქსიმალური ხაზოვანი ცვეთა და დაბლაგვების ფართობის პროექცია საფეხურის სიმაღლის და ჭრის ბიჯის გაზრდით, მცირდება. ეს შეიძლება იმით აიხსნას, რომ საფეხურის გაზრდისას ჭრის სიბრტყის ქვემოთ ქანის უფრო მსხვილი ნატეხები მოიხლიჩება. ამიტომ გარკვეულ მანძილზე საჭრისი არაა ქანთან კონტაქტში და ქანზე საჭრისის ხახუნის მანძილი მცირდება. ამასთან, საფეხურის სიმაღლის და ჭრის ბიჯის გაზრდით, როგორც ცნობილია, მცირდება საჭრისის პერიმეტრი ქანთან კონტაქტში, რის შედეგად მცირდება მჭრელი იარაღის ცვეთაც.

კვლევებმა, რომლებიც ჩატარდა ჭრის სიჩქარის მჭრელი იარაღის ცვეთის ინტენსიურობაზე გავლენის დადგენის მიზნით, გვიჩვენა, რომ ეს დამოკიდებულება სხვადასხვა ქანისთვის სხვადასხვანაირია. აბრაზიული ქანების დაშლისას, იმ შემთხვევაში, როდესაც ჭრის სიჩქარე აღემატება 0,5 მ/წმ, ცვეთის ინტენსიურობა მნიშვნელოვნად იზრდება. მცირე აბრაზიულობის ქანების დაშლისას სიჩქარის ცვალებადობა გარკვეულ დიაპაზონში (0,12-0,84 მ/წმ) თითქმის არ ახდენს გავლენას ცვეთის ინტენსიურობაზე.

კვლევებით დადასტურდა, რომ ქანების კონტაქტურ სიმტკიცესა და საჭრისის უკანა წახნაგის ხვედრით ხაზოვან ცვეთას შორის არასაკმარისად მჭიდრო კორელაციური კავშირია. იგივე შედეგები იქნა მიღებული საჭრისის ხვედრითი ხაზოვანი ცვეთისა და ქანის ერთდერძა კუმშვაზე დროებითი წინააღობის მაჩვენებლების კვლევისას. ამასთან, დადგინდა, რომ საჭრისის უკანა წახნაგის ხვედრით ხაზოვან ცვეთასა და აბრაზიულობის მაჩვენებელს შორის არსებობს მჭიდრო კორელაციური კავშირი, რომელიც აისახება განტოლებით:

$$\psi_A = 0,0007 a^{3,6} \text{ მმ/კმ}$$

სადაც  $\alpha$  არის აბრაზიულობის მაჩვენებელი.

იმ შემთხვევაში კორელაციის კოეფიციენტი 6 %-ია.

აბრაზიულობის მაჩვენებელთან მჭიდრო კავშირშია აგრეთვე საჭრისის ქანთან კონტაქტის მანძილი ცვეთის ინტენსიურობის სტაბილიზაციის დაწყებამდე  $L_c$  დასაჭრისის ხაზოვანი ცვეთა ამავე უზანზე  $\Delta_c$  აღნიშნული დამოკიდებულებები შეიძლება გამოისახოს შემდეგი განტოლებებით:

$$L_c = \frac{500}{a^{2,93}} \text{ კმ}; \quad \Delta_c = 0,01 a^{1,32} \text{ მმ},$$

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებულია საბაზო მონაცემები, რომლებიც გვირბაზგასაყვანი კომბინების საჭრისების დაბლაგვების საშუალო დონის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა მჭრელი იარაღის მთლიანი და ნაწილობრივი შეცვლისას. დადგინდა, რომ ორივე შემთხვევაში საჭრისების განაწილება კომპლექტში ხაზოვანი ცვეთის მიხედვით ყველაზე უფრო ახლოა ვეიბულის ტიპის განაწილებასთან.



ლიტერატურა

1. Барон Л.И., Глатман Л.Б., Губенков Е.К. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Научно-методические основы разрушения резцовым инструментом. «Наука», Москва, 1960. 216 с.
2. Барон Л.И., Глатман Л.Б., Алехова З.Н., Бежанишвили А.Г. Исследование основных закономерностей

БЕЖАНИШВИЛИ А.Г.

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ВИДА РАЗРУШЕНИЯ  
ПОРОДЫ И ИХ АНАЛИЗ**

**АННОТАЦИЯ.** В работе рассмотрены основные закономерности разрушения горной породы тангенциальным резанием. Исследования проводились на образцах Чиатурского марганцевого месторождения резцами РК-8. Было установлено, что при тангенциальном резании для оценки сопротивляемости пород разрушению наиболее вероятными критериями являются показатели контактной прочности и временного сопротивления пород одноосному сжатию. Результаты проведенных исследований показали, что с увеличением высоты уступа и шага резания увеличивается усилие резания. К тому же, тангенциальное резание эффективно при высоте уступа 20 мм и более. Изучено также влияние угла наклона резца по отношению к поверхности резания на усилия резания, а также основные закономерности износа резцов при тангенциальном резании.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тангенциальное резание; высота уступа; шаг резания; режущий инструмент; усилие резания; скорость резания; временное сопротивление одноосному сжатию; абразивность; износ; корреляционная связь.

мерностей процесса подрезного разрушения горных пород. Краткий научный отчет. ИГД им. А.А. Скочинского, Москва, 1970. 55 с.

3. Барон Л.И., Глатман Л.Б., Степановский Е.А. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение тангенциальными инструментами. «Наука», Москва, 1978. 170 с.

BEZHANISHVILI A.

**MAIN REGULARITIES OF ROCK  
TANGENTIAL CUTTING ASPECT AND  
ITS ANALYSIS**

**ANNOTATION.** The paper considers main regularities of rock destruction by tangential cutting. Studies have been carrying out on the samples of Chiatura manganese deposit by tools PK-8. For tangential cutting the most probable criterion for rock estimation to destruction resistance are contact strength and ultimate strength to uniaxial compression. According to the results of study, increasing of bench height and cutting pinch provoke cutting force increasing. Tangential cutting is effective for bench height of 20 mm and more. Influence of tool slope over the cutting force and the main regularities of tools wear for tangential cutting are considered as well.

**KEY WORDS:** tangential cutting; bench height; cutting pitch; cutting tool; cutting force; cutting velocity; ultimate strength to uniaxial compression; abrasivity; wear; correlation.

УДК 663.255 (076)

**АКАД. ДОКТОР ХАЧАТУРЯН К.К., АКАД. ДОКТОР ГЕГИЯ Н.А.,  
ГУРУЛИ Т.С., УКЛЕБА Е.Н.**

**ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БЕНТОНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВАНИСКЕДИ  
(ГРУЗИЯ) С ЦЕЛЬЮ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВЕТЛЕНИЯ ВИНА**

**АННОТАЦИЯ:** Проведено исследование фильтрующей способности бентонитовой глины месторождения Ванискеди (Грузия) для установления возможности ее использования в процессе осветления белого вина; в лабораторных условиях оценивались прозрачность, стабильность и качество профильтрованного вина. Проведена пробная обработка вина и установлена оптимальная дозировка. Выявлен оптимальный вариант осветления вина, при котором получен кристально прозрачный фильтрат, проявляющий за время выдержки стабильность и сохраняющий при этом свою кристальную прозрачность.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бентонит; месторождение; вино; фильтрующая способность; осветление вина; помутнение; стабильность; выдержка; оптимальная дозировка

Вино - это нестойкий продукт, где происходят изменения физического и химического характера, отражающиеся на его прозрачности, которая, наряду с другими показателями, характеризует качество вина. Мутные вина всегда подвержены изменениям и болезням в большей степени, чем светлые прозрачные, а сложный состав вина создает трудности для получения устойчиво прозрачных вин [1]. Эффективным средством очистки вина от частиц, вызывающих помутнение, является применение осветляющих веществ, которые делятся на органические (пищевой желатин, рыбий клей, яичный белок, казеин и др.), имеющие животное происхождение, дорогостоящие и не обладающие универсальным оклеивающим действием, а также - на неорганические (бентонит, диатомит, асбест, каолин и др.). Следует отметить, что вино, обработанное как бентонитовыми глинами, так

и любым осветляющим веществом, после обработки, несмотря на совершенные технологические схемы, при хранении часто мутнеет, выпадает осадок и требует повторной обработки [1].

Механизм удаления из вин белковых помутнений бентонитами объясняется коагуляцией при нейтрализации отрицательно заряженных коллоидных частиц бентонита положительно заряженными частицами белковых веществ, а также адсорбцией их и последующим оседанием. Как отмечается в [2], бентонит нельзя считать универсальным оклеивающим материалом, так как он не всегда дает положительный эффект; лучшие результаты получаются с белыми столовыми винами, а красные вина несколько теряют свою окраску. Но, несмотря на это, виноделие является одной из важных сфер применения бентонитовых глин, значительные запасы которых сосредоточены на территории Грузии [3,4]. Практикой подтверждено, что для оклейки всевозможных вино-материалов самым эффективным средством является щелочной бентонит Аскангель [5].

Целью проведенного исследования являлась оценка фильтрующих свойств бентонитовой глины местного происхождения для установления возможности ее использования в процессе осветления виноградного вина. В данной работе объектом изучения была проба бентонита из месторождения Ванискеди (Грузия), а объектом сравнения - Аскангель «В»; в опытах использовалось молодое домашнее белое вино; оценивались прозрачность, стабильность и качество профильтрованного вина.

Предварительно для исследуемой пробы были определены соответствующие показатели [6], требуемые отраслевым стандартом [7] для применения бентонитов в винодельческой промышленности. По внешнему виду бентонит Ванискеди представляет собой порошок, имеющий светло-зеленоватый оттенок. Проведенная органолептическая оценка вина, обработанного данным бентонитом, показала, что по этому параметру он не уступает Аскангелю «В»: так, декантированная от глинистого раствора жидкость не имела никакого запаха, но имела вкус глины; а декантированная после размешивания бентонита с вином жидкость имела и запах и вкус только вина. Бентонит Ванискеди проявляет хорошую осветляющую способность, вполне удовлетворяющую допустимым нормам: его 5 %-ная водная суспензия уже через две минуты после добавления винной кислоты до pH=3 быстро свертывается и по всему объему образуются хлопья, которые начинают опускаться на дно цилиндра; жидкость постепенно светлеет, а через 23 часа становится совсем прозрачной. Как и следовало ожидать, Аскангель «В» проявляет очень высокую осветляющую способность. На основании полученных в [6] результатов сделано

заключение, что бентонит Ванискеди, в основном, удовлетворяет требованиям отраслевого стандарта [7] и, поэтому, возможно его использование в виноделии, наряду с Аскангелем «В».

Соответственно технологической инструкции по обработке сусел и вин бентонитами [8], нами для осветления белого вина заранее проведена пробная обработка исследуемым бентонитом и установлена необходимая дозировка. С этой целью была приготовлена 20 %-ная водная суспензия бентонита, из которой затем введением определенного количества вина получена 5 %-ная водно-винная суспензия. Установлено, что оптимальной дозой, при которой получено наилучшее осветление при наиболее плотном осадке и при наименьшем количестве взятого бентонита, является 0,8 мл 5 %-ной водно-винной суспензии на 20 мл вина, а это соответствует 2 г бентонита на 1 л вина или 40 мл 5 %-ной водно-винной суспензии. Исходя из того, что применяемые на практике дозы бентонита колеблются в пределах от 2 до 5 г/л, нами получен хороший результат.

Для оценки фильтрующей способности исследуемого бентонита предварительно были использованы разные варианты проведения опытов, в которых изменялись: размер фракции (- 5 + 4; - 5 + 2,5; - 5 + 0; - 2,5 + 0,8; - 1,6 + 0,8 мм); вес пробы (2 - 45 г); объем фильтруемого вина (50 - 100 мл); температурный режим подготовки пробы. Профильтрованное вино оценивалось на прозрачность и стабильность; также определялись: цвет, запах и объем фильтрата, скорость фильтрации; значение pH; химический состав исходного и профильтрованного вина. В большинстве последующих опытов использовалась тонкая фракция бентонита (-0,08 + 0 мм); максимальное время выдержки профильтрованного вина составляло 114 суток.

При изучении фильтрующей способности бентонита Ванискеди проведено более 10 вариантов обработки белого вина; полученные результаты изменения степени прозрачности отфильтрованного вина во времени, а также изменение значения его pH, для последних пяти вариантов приведены в таблице 1. Полученное в этих опытах отфильтрованное вино вначале, в основном, прозрачное, очень прозрачное и даже кристально прозрачное. Но потом, по истечении почти каждого фиксированного промежутка времени, в некоторых опытах появлялся осадок разного характера: кристаллический, белковый, коллоидный и мутный, поэтому фильтрат каждый раз вновь подвергался повторной фильтрации; иногда осадка не было вообще. Следует отметить, что во всех предварительных опытах отфильтрованное вино было непрозрачным и наблюдался коллоидный осадок.

**Изменение степени прозрачности вина, профильтрованного через бентонит  
Ванискеди, спустя определенные промежутки времени**

№	Вариант обработки вина; фракция бентонита и температура сушки	Время выдержки отфильтр. вина, (сутки)	Степень прозрачности отфильтрованного вина и характер осадка	рН отфильт- рованного вина
1	-5+2,5 мм; 105-110°C; (10 г пробы + 100 мл вина; Т : Ж = 1 : 10); <b>(опыт № 5)</b>	3	Не совсем прозрачное (незначительный осадок)	6
		22	Прозрачное	6
		39	Очень прозрачное	-
		64	Очень прозрачное	6
		114	-	4,16
2	-5+2,5 мм; 105-110°C; (22 г пробы + 50 мл вина); <b>(опыт № 1)</b>	15	Очень прозрачное (коньячного цвета)	8
		28	Мутное (темно-коричневого цвета; мутный густой осадок)	8
		45	Мутное (коричневого цвета; мутный густой осадок)	-
		71	Мутное (коричневого цвета; мутный густой осадок)	8
3	-1,6+0,8 мм; 105-110°C; (45 г пробы + 70 мл вина); <b>(опыт № 4)</b>	2	Прозрачное (бесцветное как вода)	-
		5	Прозрачное (светло-соломенного цвета)	8
		12	Прозрачное	8
		56	Прозрачное	8
4	После определения набухаемости в вине через 3 суток; -0,08+0 мм; 105-110°C; (2 г пробы + 100 мл вина; Т : Ж = 1 : 50); <b>(опыт № 2)</b>	3	Очень прозрачное	5
		22	Мутное (коллоидный осадок)	5
		39	Мутное (коллоидный осадок)	-
		64	Мутное (коллоидно-белковый осадок)	5
		114	-	2,78
5	После определения набухаемости в вине через 2,5 часа; -0,08+0 мм; 105-110°C; (2 г пробы + 100 мл вина; Т : Ж = 1 : 50); <b>(опыт № 3)</b>	5 час.	<b>Кристалльно прозрачное</b>	6
		7	Кристалльно прозрачное (кристаллический осадок)	6
		25	Кристалльно прозрачное	-
		50	Кристалльно прозрачное (кристаллический осадок)	6
		100	-	2,64

В таблице 2 представлены результаты определения химического состава исходного и профильтрованного через бентонит Ванискеди белого вина.

Таблица 2.

**Химический состав исходного и профильтрованного через бентонит Ванискеди белого вина**

№ №	Исходное и профильтрованное вино	Содержание , мг/л				
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	Исходное белое вино	1,0	50,0	-	-	-
2	Опыт № 1 – фильтрат	78,0	3,0	-	-	-
3	Опыт № 2 – фильтрат	6,0	23,0	3,45	33,19	90,67
4	Опыт № 3 – фильтрат	6,0	24,0	2,48	37,09	70,19
5	Опыт № 4 – фильтрат	100,0	2,0	-	-	-
6	Опыт № 5 – фильтрат	16,0	17,0	3,06	15,62	146,97

Как показывают данные этой таблицы, после фильтрации наблюдается изменение химического состава белого вина; так, если в исходном вине содержание K<sup>+</sup> составляет 50 мг/л, то в полученных фильтратах оно снижается до 2,0–17,0 мг/л; содержание Na<sup>+</sup> в исходном вине составляет 1,0 мг/л, а в фильтратах оно увеличивается до 6,0–100,0 мг/л; значительное увеличение содержания Na<sup>+</sup> до 78,0 и 100,0 мг/л получено в опытах № 1 и № 4, при этом в этих же опытах отмечается самое низкое содержание K<sup>+</sup> (соответственно 3,0 и 2,0 мг/л), что, вероятно, объясняется сравнительно более длительным контактом с бентонитом, так как фильтрация шла значительно медленнее, чем в других опытах.

В ходе изучения фильтрующей способности бентонита Ванискеди в опыте № 1 наблюдалось следующее: проба после добавления вина сразу же набухла; фильтрация вина проходила очень медленно: скорость фильтрации в начале опыта составляла 3 мл за сутки, а дальше – лишь 0,2 мл; через 15 суток от начала опыта объем фильтрата составлял 16 мл; он был очень прозрачным и хорошего коньячного цвета, но потом при стоянии фильтрат помутнел и приобрел темно-коричневую окраску, появился мутный густой осадок. В этом опыте за отфильтрованным вином наблюдения велись в течение 71 суток; значение рН в течение всего этого периода времени не изменилось и составляло рН=8; такое повышенное значение рН, указывающее на щелочную реакцию, вызвано сильным увеличением в фильтрате содержания Na<sup>+</sup> (см. табл. 2).

В опыте № 4 при добавлении вина бентонит сразу же начал набухать и при этом разрушаться; смачивание его вином происходило очень медленно.

Через 2 суток от начала опыта полученный фильтрат объемом 1,2 мл был прозрачным и бесцветным, как вода. Скорость фильтрации вина была очень низкой: через 12 суток объем фильтрата составлял всего 5,4 мл. Продолжительность выдержки отфильтрованного вина в этом опыте составляла 56 суток и за это время значение рН=8 не изменилось; образование осадка не имело места. Зафиксированное здесь повышенное значение рН также, как и в опыте № 1, обусловлено значительным увеличением в фильтрате содержания Na<sup>+</sup> (см. табл. 2).

Не совсем прозрачный фильтрат получен в опыте № 5; здесь при добавлении вина гранулы бентонита мгновенно разрушились, а вино профильтровалось в тот же день; наблюдался незначительный осадок; объем фильтрата составлял 77 мл. При последующей фильтрации отфильтрованное вино стало очень прозрачным и сохранилось таким в течение 64 суток; за это время значение рН=6 не изменилось. В данном опыте общее время выдержки составляло 114 суток.

В опыте № 2 отфильтрованное вино вначале было очень прозрачным; объем его составлял 86 мл и профильтровалось оно в тот же день с момента начала фильтрации. Но со временем степень прозрачности фильтрата изменилась: он стал мутным, к тому же образовался коллоидно-белковый осадок. Несмотря на дополнительные последующие фильтрования через фиксированные промежутки времени, фильтрат и через 64 суток оставался мутным и при этом наблюдался осадок; в течение этого времени значение рН =5 не менялось. Продолжительность выдержки в этом опыте составляла 114 суток.

В опыте № 3 получен наилучший результат: здесь отфильтрованное вино кристально прозрачное и оно

оставалось таким на протяжении 50 суток; при этом значение рН=6 фильтрата сохранялось неизменным. Вино профильтровалось за 5 час.; объем фильтрата составлял 88 мл. Через 7 суток выдержки в фильтрате появился кристаллический осадок в виде прозрачных кристалликов; несколько кристалликов винного камня образовались и через 50 суток (рис.1). Общее время выдержки составляло 100 суток.

Кристаллический осадок винного камня, в состав которого входят кислый виннокислый калий, виннокислый кальций, кремнезем и др., абсолютно безвреден, не влияет на вкус вина и указывает на его натуральность [9]. Кристаллические помутнения часто наблюдаются в винах при обработках бентонитами и последующих фильтрациях [1].

В [1] отмечено, что более крупные частицы дают меньший осветляющий эффект, а более мелкие частицы затрудняют фильтрацию, так как могут проникать через поры фильтра, взмучивая фильтрат; смешивание внесенных в вино осветляющих веществ должно происходить как можно быстрее. В нашем исследовании лучший результат получен на тонкой фракции; минимальное время контакта бентонита с вином имело место в опыте № 3.

Нами при проведении изучения фильтрующей способности выбранного объекта сравнения - Аскангеля «В» использованы такие же условия, как и в

опыте № 3. Получен очень прозрачный фильтрат; объем его составлял 89 мл; через 21 сутки выдержки профильтрованное вино, хотя и сохранило прозрачность, но на его поверхности образовалась пленка; общее время выдержки составляло 71 суток; значение рН=6. По данным химического анализа в полученном фильтрате содержание  $\text{Na}^+$  составляет 24,0 мг/л;  $\text{K}^+$  – 15,0 мг/л;  $\text{Fe}^{3+}$  – 3,26 мг/л.

Итак, как показывают данные проведенных испытаний, в опытах №№ 1,2,4,5 после фильтрации с применением бентонита Ванискеди вино вначале выходит прозрачным, но со временем при выдержке стабильности не приобретает и становится мутным. Лучший эффект осветления получен в опыте № 3, где отфильтрованное вино не только кристально прозрачное, но за исследуемый промежуток времени оно проявляет также и стабильность, причем при выдержке сохраняет свою кристалльную прозрачность.

Таким образом, исходя из полученных результатов исследования фильтрующей способности бентонитовой глины, проведенного в лабораторных условиях для небольших объемов вина, установлен оптимальный вариант осветления домашнего белого вина бентонитом Ванискеди, что, по-видимому, позволяет рекомендовать его для осветления вина, наряду с Аскангелем «В».



Рис.1. Отфильтрованное вино с кристалликами винного камня, полученное в опыте № 3

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Беришвили Л.И. Стабилизация грузинских белых столовых ординарных вин с применением местных бентонитовых глин и ультразвука. Автореферат канд. дисс. Мецниереба, Тбилиси, 1967. 28 с.
2. <http://longus.ru/vino/tehnolog/obrabotka/196-bentonit.html>
3. Твалчрелидзе А.Г. Полезные ископаемые и минеральная ресурсная база Грузии. Издательский дом “Руда и Металлы”, Москва, 2006. 320 с.
4. საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პროგრამა. საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა. <http://www.nplg.gov.ge/gsd/cgi-bin/library.exe?e>.

**კ. ხაჩატურიანი, ნ. გეგია, თ. გურული, ე. უკლება ვანისქედის საბადოს ბენტონიტის (საქართველო) ფილტრაციის მაჩვენებლის შეფასება ღვინის გაკამკამების პროცესში გამოყენების მიზნით**

**ანოტაცია.** ჩატარებულია ვანისქედის საბადოს ბენტონიტური თიხის (საქართველო) ფილტრაციის მაჩვენებლის მოკვლევა თეთრი ღვინის გაკამკამების პროცესში გამოყენების მიზნით; ლაბორატორიულ პირობებში შეფასებულია გაფილტრული ღვინის გამჭვირვალობა, სტაბილურობა და ხარისხი. ჩატარებულია ღვინის საცდელი დამუშავება და დადგენილია ოპტიმალური დოზირება. გამოვლენილია ღვინის გაკამკამების ოპტიმალური ვარიანტი; მიღებულია კრისტალურად გამჭვირვალე ფილტრატი, რომელიც დაყოვნების პირობებში ამჟღავნებს სტაბილურობას და ამავე დროს ინარჩუნებს თავის კრისტალურ გამჭვირვალობას.

**საკვანძო სიტყვები:** ბენტონიტი; საბადო; ღვინო; ფილტრაციის მაჩვენებელი; ღვინის გაკამკამება; ამღვრევა; სტაბილურობა; დაყოვნება; ოპტიმალური დოზირება.

5. Мерабишвили М.С. Бентонитовые глины. Мецниереба, Тбилиси, 1979. 310 с.
6. Хачатурян К.К., Гегия Н.А., Гурули Т.С., Гагნიашвили Н.С. Оценка возможности использования бентонитов Грузии в виноделии. შრომები: პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ახალი ინიციატივები”, ქუთაისი, 2019. გვ. 330-339.
7. Отраслевой стандарт ОСТ 18-49-71 Бентониты для винодельческой промышленности. Изд. Официальное, Москва, 1973. 12 с.
8. Технологическая инструкция по обработке сусел и вин бентонитами. ВНИИВиВ “Магарач” и ВНИИПБ и ВП. Москва, 1966. 4 с.
9. <http://eniw.ru/vinnyy-kamen.htm>

**KNACHATURIAN K., GEGIA N., GURULI T., UKLEBA E. EVALUATION OF FILTERING CAPACITY OF BENTONITE VANISKEDI (GEORGIA) FIELDS FOR THE PURPOSE IT’S APPLICATION IN THE PROCESS OF WINE CLARIFICATION**

**ANNOTATION.** The filtration capacity of bentonite clay of the Vaniskedi deposit (Georgia) has been investigated to determine whether it can be used in the process of clarifying white wine; in laboratory conditions, transparency, stability and quality of filtered wine were evaluated. A trial treatment of wine was carried out and an optimal dosage was established. An optimal version of wine clarification was revealed, in which a crystal-clear filtrate was obtained, which exhibits stability during the holding time and retains crystal transparency.

**KEYWORDS:** bentonite; field; wine; filtering capacity; clarification of wine; haze; stability; shutter speed; optimal dosage

УДК 621.9

**АКАД. ДОКТОР МЧЕДЛИШВИЛИ З.Т., АКАД. ДОКТОР ЛОСАБЕРИДЗЕ М.В., АКАД. ДОКТОР ШУРГАЯ И.Б.**

**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ МНОГОСЛОЙНОЙ БАЛКИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрен анализ напряженно деформированного состояния прямых стержней слоистой структуры по высоте сечения стержня. которые можно применить в качестве силовых узлов в горных машинах и комплексах, работающих в тяжелых внешних условиях во время добычи полезных ископаемых, а также при разных горных разработках в карьерах открытого и закрытого типа. Данный метод расчета основан на принципах решения задач анизотропных стержней при изгибе, который представляет собой новое направление предмета теории упругости.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** поперечное сечение; изгиб; слой; напряжение; распределение; уравнение.

**Введение**

Как известно горнодобывающая промышленность является одной из трудоемких отраслей мировой индустрии. Парк горных и транспортных машин, занятых в сфере горного производства, постоянно растет. Однако кроме количественного роста парка необходимы так же качественные изменения за счет увеличения единичной мощности машин и

грузоподъемности работающих с ними транспортных средств. В связи с этим на открытых и закрытых горных работах в настоящее время осуществляется программа по техническому перевооружению производства. В горных машинах различные силовые детали в виде стержней испытывают как механические, так и температурные воздействия со стороны внешней среды и деталей, находящихся в соприкосновении с ними. Что более усложняет условия работы этих деталей и ставит более высокие требования на качество материалов, из которых состоят силовые детали. Если ввести в качестве силовых конструктивных деталей многослойные по высоте поперечного сечения балки, то это обеспечивает работу этих деталей на изгиб при более высоких нагрузках в подземных шахтах во время разработки полезных ископаемых. В данной работе показан метод расчета, который применяется как при стационарном, так и в случае изменяемой во времени нагрузках вдоль слоистого стержня. Который представляет начальный этап расчета напряженно-деформированного состояния слоистого тела, находящегося под тепловым и механическим воздействием.

### Основная часть

При расчетах на изгиб как простых балок, так и балок, лежащих на упругом основании, часто приходится иметь дело со слоистыми балками у которых модуль упругости при переходе из одного слоя на другой меняется скачкообразно. Считая поперечное сечение балки по всей длине постоянным, то такие балки называются многослойными. Соединение примыкающих слоев между собой можно осуществить разными путями (например, электросваркой или с помощью болтов и заклепок).

При выводе основных уравнений при изгибе будем исходить из следующих допущений:

- 1) Должны отсутствовать взаимные смещения слоев между собой;
- 2) Поперечные сечения во время изгиба должны оставаться плоскими;
- 3) Материал должен следовать закону Гука;
- 4) В пределах каждого слоя модуль упругости не меняется.
- 5) Между напряжениями и деформациями в пределах упругих деформаций имеется линейная зависимость.

При выводе основных зависимостей, мы пренебрегаем нормальными напряжениями по вертикальной оси поперечного сечения ( $\sigma_y = 0$ ).

Поперечное сечение балки является прямоугольной с осью симметрии  $y$ , а нагрузки приложены в плоскости  $yOx$  (фиг. 1).

Учитывая все эти положения можно написать зависимость для линейных деформации:

$$\varepsilon = \frac{B_1 B_2}{A_1 B_1} = \frac{y}{\rho} \quad (1)$$

где  $\rho$  - радиус кривизны нейтральной линии;  $y$  - расстояние от нейтральной линии до рассматриваемого волокна.

Нормальные напряжения в слое на основании закона Гука запишется так:

$$\sigma_n = E_n \frac{y}{\rho} \quad (2)$$

где  $n=1, 2, \dots, m$ , причем  $m$  - число слоев балки.

Положение нейтральной линии можно найти из условия равенства нулю проекций всех внутренних сил на ось  $X$ . Если учесть выражение (2), то это условие дает:

$$\sum_{n=1}^m \int_0^{F_n} E_n \frac{y}{\rho} dF = 0 \quad (3)$$

так как величины  $E_n$  и  $\rho$  постоянные их можно выносить за знак интеграла.

С учетом того что  $\frac{1}{\rho} \neq 0$ , уравнение запишется в следующем виде:

$$\sum_{n=1}^m E_n \cdot S_n = 0 \quad (4)$$

где  $S_n$  - есть статический момент площади поперечного сечения  $n$ -го слоя относительно нейтральной линии  $z$ .

Чтобы вычислить значение  $S_n$  надо ввести в рассмотрение величину  $\ell$  - расстояние между центральной и нейтральной линией (рис. 1).

Введем обозначение

$$\alpha_n = \frac{E_n}{E_1} \quad (5)$$

тогда имея ввиду что

$$S_n = F_n \cdot y_n, \quad (6)$$

где  $y_n$  - расстояние от нейтральной линии до оси проходящей через центр тяжести  $c_n$  площади поперечного сечения  $F_n$ , слоя  $n$ , уравнение (4) переписывается в следующем виде:

$$\sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot F_n \cdot y_n = 0 \quad (7)$$

Из этого равенства можно найти расстояние  $\ell$  - нейтральной линии по отношению к центральной. В выражении для определения  $y_n$  оно будет входить в качестве отдельного слагаемого. Выражение для  $y_n$  в общем случае определяется исходя из формы поперечного сечения многослойной балки.

Для прямоугольного поперечного сечения, приведенного на (рис. 2)  $y_n$  можно определить по следующим формулам:

$$y_n = \frac{h-h_n}{2} - \sum_{i=1}^{n-1} h_i + \ell; \quad (8)$$

$$y_n = \frac{h-h_n}{2} - \sum_{i=1}^{n-1} h_i - \ell; \quad (9)$$

где  $n=1, 2, \dots, m$ .

Формулой (8) следует пользоваться в том случае, когда  $y_n$  положительные, а формулой (9) когда  $y_n$  отрицательные, т.е. когда центр тяжести поперечного сечения слоя  $n$  расположен ниже оси  $z$ .

Положение нейтральной линии находится из равенства (7).

Выведем уравнения для нормальных напряжений. Для этого сперва запишем сумму моментов относительно оси  $z$  в следующем виде:

$$M = \frac{1}{\rho} \sum_{n=1}^m E_n \int_0^{F_n} y^2 dF \quad (10)$$

$$I_n = \int_0^{F_n} y^2 dF \quad (11)$$

где  $I_n$  - момент инерции площади  $F_n$  относительно нейтральной оси  $z$ , поэтому выражение (10) можно записать так:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{\sum_{n=1}^m E_n I_n} \quad (12)$$

подставив выражение для кривизны в уравнение (2), получим:

$$\sigma_n = \frac{E_n}{\sum_{i=1}^m E_i I_i} M y \quad (13)$$

преобразуем первый множитель последнего выражения получаем:

$$\frac{E_n}{\sum_{i=1}^m E_i I_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{E_i}{E_n} I_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \beta_{in} I_i} \quad (14)$$

здесь через  $\beta_{in}$  обозначаются безразмерные коэффициенты, которые определяются по следующим формулам:

$$\beta_{in} = \frac{E_i}{E_n} \quad (15)$$

$i=1, 2, \dots, m; n=1, 2, \dots, m$ .

Введем следующее обозначения:

$$I_{in} = \sum_{i=1}^m \beta_{in} I_i, \quad (15)$$

где  $I_{in}$  есть момент инерций преобразованной площади всего поперечного сечения относительно нейтральной линии  $z$ .

Возвращаясь к выражению (13) и учитывая равенство (15), для  $\sigma_n$  запишем окончательно:

$$\sigma_n = \frac{M}{I_{in}} y \quad (16)$$

$n=1, 2, \dots, m$ .

### Заключение

Как известно в различных горных машинах и комплексах различные агрегаты и детали работают в условиях высоких температурных и механических воздействий, что вызывает в этих деталях соответствующие напряженно-деформированные состояния. Для получения оптимальных форм деталей в целях экономии затраченного на их производство материалов можно несущие конструкционные узлы и детали делать слоистыми, при том каждый слой можно делать из различного материала. Расчет этих деталей на прочность производится с учетом механической статической и динамической нагрузки со стороны грунта при подземных и надземных работах, что представляет важнейшую задачу теории упругости. В данной статье дан первый этап решения этой задачи, т.е. определение распределения внутренних усилий в каждом слое составных стержней.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. Наука, Москва, 1986. 560 с.
2. Пономарев С.Д. Расчеты на прочность в машиностроении. ГОНТИ, Т. 2, Москва, 1956. 884 с.
3. Окопный Ю.А., Радин В.П., Чирков В.П. Механика материалов и конструкций. Машиностроение, Москва, 2001. 408 с.
4. Феодосиев В.И. Сопротивление материалов. Машиностроение, Москва, 1986. 592 с.



MCHEDLISHVILI Z., LOSABERIDZE M., SHURGAIYA I.  
**CALCULATION OF STRENGTH OF MULTI-LAYER BEAM OF RECTANGULAR CROSS SECTION**

**ANNOTATION.** The article considers the analysis of the stress strain state of straight rods of a layered structure by the height of the rod section. Which can be used as power units in mining machines and complexes, working in difficult external conditions during mining as well as at different mining developments in open and closed quarries. This calculation method is based on the principles of solving the problems of anisotropic rods during bending, which is a new direction of the subject of the theory of elasticity.

**KEY WORDS:** cross-section; bend; layer; stress; distribution; equation.

**ზ. მჭედლიშვილი, მ. ლოსაბერიძე, ი. შურგაია**  
**მართკუთხა კვეთის მქონე მრავალფენიანი კოჭის სიმტკიცეზე ანგარიში**

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია ფენოვანი სტრუქტურის მქონე სწორი ღეროების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზი, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნენ ძალური კვანძების სახით სამთო მანქანებსა და კომპლექსებში, რომლებსაც მუშაობა უწევთ მძიმე გარემო პირობებში როგორც სასარგებლო წიაღისეულების მოპოვებისას, ასევე სხვადასხვა სამთო სამუშაოებისას, ღია და დახურული ტიპის კარიერებში. გაანგარიშების მოცემული მეთოდი დაფუძნებულია ანიზოტროპული ღეროების ღუნვის ამოცანების ამოხსნის პრინციპებზე, რომელიც წარმოადგენს დრეკადობის თეორიის დარგის ახალ მიმართულებას.

**საკვანძო სიტყვები:** განივი კვეთი; ღუნვა; ფენა; ძაბვა; განაწილება; განტოლება.

УДК 532.6:541.183(075)

**Н.Е. ЕНУКИДЗЕ**

**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА НЕПРЕРЫВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ АДСОРБЦИОННЫХ КРИВЫХ НА ВИСЯЧЕЙ И/ИЛИ СИДЯЧЕЙ КАПЛЯХ**

**АННОТАЦИЯ.** Предложен метод непрерывной регистрации адсорбционных кривых на висячей и/или сидячей каплях. Для методов висячей и лежащей капель, использованием различных форм уравнения капиллярности, получено приближенное аналитическое выражение зависимости числа Бонда  $\beta$  от геометрических параметров капли: высоты, объема и радиуса шейки висячей или радиуса площади контакта с подложкой, сидячей капли. Получена также формула для вычисления параметра  $b$ -нормирующего множителя уравнения капиллярности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** уравнение капиллярности; висячая капля; сидячая капля; число Бонда; адсорбция; флотация.

Ранее, в работах [1, 2] были получены различные формы уравнения капиллярности и приближенные формулы для вычисления ординат контура и объема висячей и/или сидячей капли (пузырька).

Целью данной работы является применение этих результатов для получения аналитических формул в естественных размерностях, зависимости поверхностного натяжения (ПН)  $\sigma$  от геометрических параметров: абсциссы и ординаты контура, объема и радиуса шейки висячей, или радиуса площади контакта с подложкой сидячей капли/пузырька. Предполагается, что эти формулы могут стать основой для разработки методов и систем непрерывной регистрации поверхностного (межфазного) натяжения.

Необходимость разработки таких методов диктуется тем, что построение адсорбционных кривых по точкам может неполно отражать важные особенности

адсорбционного процесса. Примером этого может служить адсорбция хлоридов одновалентных ионов на границе воздух-вода [3, 4]. Эти электролиты, которые ранее считались поверхностно-неактивными, при низких объемных концентрациях дают на адсорбционных кривых несколько экстремумов. Непрерывная регистрация ПН при непрерывном изменении объемной концентрации адсорбата, даст полную картину адсорбционного процесса и резко сократит время получения адсорбционных кривых, хотя усложнит технологию проведения эксперимента.

Наиболее востребованными эти методы будут при подборе оптимального состава реагентов для пенной флотации.

Флотация одна из широко применяемых технологии при обогащении полезных ископаемых. Например, 95% металлических руд обогащается методом флотации. Это миллиарды тонн перерабатываемых руд. Для проведения флотационного процесса в оптимальном режиме используется сочетание разнообразных реагентов. Добавленные в пульпе реагенты адсорбируются на поверхностях раздела жидкость-пузырек, жидкость-частица и при столкновениях пузырька и частицы обеспечивают их устойчивую связь. Для подбора концентрации реагентов применяются различные экспериментальные методы. Среди этих методов наиболее информативным считается релаксационный метод [5], который использует измерения поверхностного натяжения на висячей(сидячей) капле или пузырьке в равновесных и экспериментально создаваемых слабо неравновесных состояниях, при различных концентрациях реагентов.

Связь между объемной концентрацией реагента,

его адсорбцией на границе раздела фаз и межфазным (поверхностным) натяжением  $\sigma$  устанавливается фундаментальным уравнением Гиббса [6].

Согласно этому уравнению адсорбция (поверхностный избыток  $\Gamma_i$ ) на поверхности раздела фаз связана с ПН и объемной концентрацией  $c_i$   $i$ -того адсорбата уравнением:

$$\Gamma_i = \frac{1}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{d \ln c_i}$$

Для вычисления  $\Gamma$ , получают экспериментальные зависимости  $\sigma$ -с и на их основе строят кривые  $\Gamma$ -с. Кривые зависимости  $\sigma$ -с строят по точкам: для каждого значения  $c_i$  определяют  $\sigma$ .

Основой всех методов определения  $\sigma$  по геометрическим параметрам поверхности раздела фаз, является уравнение капиллярности, одна из форм которой приведена ниже [1]:

$$\frac{1}{y\sqrt{1+(y')^2}} - \frac{y''}{[1+(y')^2]^{1.5}} + \beta x - 2 = 0 \quad (1)$$

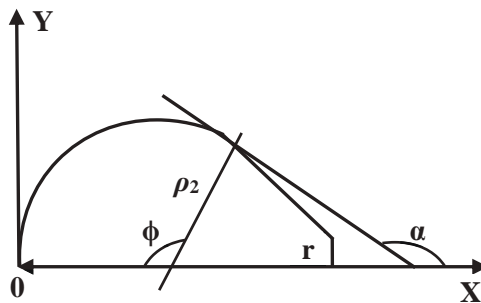


Рис. 1. Система координат, используемая в данной работе и в работах [1, 2]

Методы экспериментального определения ПН весьма разнообразны. Они описаны в фундаментальных монографиях [9, 10], многочисленных учебниках, практикумах. Многие из этих методов (в основном динамические), автоматизированы частично или полностью [11].

Необходимо подчеркнуть: автоматизирован процесс определения значения параметра капли для одной точки строящейся зависимости б-с.

Для непрерывной регистрации адсорбционных кривых необходимо также непрерывное изменение в измерительной ячейке независимой экспериментальной переменной: объемной концентрации адсорбата.

### Теоретическая часть

В дальнейшем нам понадобятся приведенные ниже различные формы уравнения капиллярности

Где  $x$  и  $y$  безразмерные абсцисса и ордината поверхности раздела фаз (например, контура капли, мениска жидкости в капилляре или  $y$  поверхности пластинки, опущенной в жидкости).  $\beta$  - число Бонда равно

$$\beta = \frac{(\rho_1 - \rho_2)b^2}{\sigma} \quad (2)$$

$\rho_1$  и  $\rho_2$  плотности граничащих фаз,  $b$ -радиус кривизны контура капли в точке  $y=0$ ;  $x=0$ . Этот параметр использовали Башфорт и Адамс [7] для приведения уравнения капиллярности к безразмерному виду.

Следует подчеркнуть, что в этой работе и в работах [1, 2] используется нетрадиционная для теории капиллярности координатная система, показанная на рис.1 с контуром висячей капли.

для висячей капли, полученные в работе [1]. При изменении знака  $\beta$  эти же уравнения справедливы для лежащих капель.

$$y' = \frac{1-x + \frac{\beta x^2}{4} + 0.5\beta \int \left| \frac{\int y^2 dx}{y^2} \right| dx}{1 + \frac{\beta \int y^2 dx}{y^2} - \frac{\beta x}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{1}{y\sqrt{1+Y'^2}} = 1 + \frac{\beta}{2} \left[ \frac{\int y^2 dx}{y^2} - x \right] \quad (4)$$

$X$ -абсцисса и  $Y$ -ордината контура висячей капли (рис. 1),  $\beta$  - число Бонда.

Ниже приведены размерные величины уравнения капиллярности и их безразмерные аналоги:  
 Абсцисса  $h$ ;  $h/b=X$ ; ордината  $r$ ;  $r/b=y$ ; объем капли  $U$ ;  $U/b^3=V$ ;  
 Приближенное решение уравнения капиллярности в виде степенного ряда имеет вид [1]

$$y^2 = 2x - r^2 + \left(\frac{\beta}{3}\right) \sum_{n=1}^{\infty} \alpha x^{n+1} \quad \alpha = \frac{n+2}{n(n+1)2^n}$$

Для дальнейшей работы ограничимся первыми тремя членами этого ряда. Чтобы при этом понизить относительную погрешность  $y^2$ , численные коэффициенты при параметре  $\beta$  подбирали методом проб и ошибок. Изменяли коэффициенты в основном во втором и в третьем знаках. Ниже приведены полученные таким образом формулы для вычисления ординат у контура и объема  $V$  лежащей/ висячей капли:

$$y^2 = 2x - (1 + 0,2\beta)x^2 \tag{5}$$

$$\frac{V}{\pi} = x^2 - \frac{(1 + 0,2\beta)}{3} x^3 \tag{6}$$

$$y^2 = 2x - (1 - 0,2\beta)x^2 + \frac{\beta x^3}{7} \tag{7}$$

$$\frac{V}{\pi} = x^2 - \frac{(1 - 0,2\beta)x^3}{3} + \frac{\beta x^4}{28} \tag{8}$$

Значения относительных погрешностей приближенных формул (5, 6) для лежащей капли приведены в таблице 1.

Таблица 1

	$\beta$							
	2		4		6		8	
$\varphi$	y	V	y	V	y	V	y	V
5	0,0004	0,09953	0,00034	0,25393631	0,00019	-0,11263	4,93E-05	-0,10619
10	-0,00027	-0,00489	-0,0007	0,0040703	-0,00123	-0,00316	-0,0015	0,00415
20	-0,00142	-0,00135	-0,0025	-0,00281	-0,0033	-0,00466	-0,00385	-0,00512
30	-0,00309	-0,00362	-0,0047	-0,00597	-0,00528	-0,0075	-0,00525	-0,00808
40	-0,0052	-0,00623	-0,0066	-0,00884	-0,00602	-0,00949	-0,00428	-0,00877
50	-0,00784	-0,00943	-0,0081	-0,01143	-0,00528	-0,0102	-0,00071	-0,00701
60	-0,01116	-0,01301	-0,0094	-0,0135348	-0,00312	-0,00945	0,005351	-0,0031
70	-0,01551	-0,01712	-0,0106	-0,015213	0,000191	-0,00756	0,013692	0,002838
80	-0,02141	-0,02196	-0,0122	-0,0168345	0,004237	-0,00489	0,023901	0,010101
90	-0,02961	0,009588	-0,0149	-0,018563	0,008461	-0,00174	0,035473	0,018182
100	-0,04116	-0,03424	-0,0194	-0,020688	0,012057	0,001326	0,04771	0,026535

Переменная  $\phi$  – краевой угол - независимая переменная при численном решении уравнения капиллярности для сидячей капли.

Значения относительных погрешностей приближенных формул (7, 8) для висячей капли приведены в таблице 2.

Таблица 2

S	β							
	0,1		0,15		0,25		0,4	
	Y	V	Y	V	Y	V	Y	V
0,1	5,40E-05	0,2178475	4,148E-05	0,2178344	1,64E-0,5	0,2178082	-1,1E-05	0,2177769
0,3	5,22E-05	0,005533	7,62E-05	0,00591	0,0001353	0,00671	0,00021	0,007836
0,5	0,000132	0,001153	0,000199	-9,15E-05	0,000335	0,00186	0,00054	0,0003
0,9	0,000253	0,000926	0,000393	0,00129	0,0007026	0,001589	0,001248	0,00203
1,1	0,000216	0,000946	0,00036	0,001188	0,0007268	0,00171	0,00145	0,001976
1,3	7,31E-05	0,000866	0,000191	0,001107	0,00058	0,001806	0,001536	0,001492
1,5	-0,00155	0,00076	-8,08E-05	0,000969	0,0003486	0,001483	0,001679	0,000593
1,7	-0,00033	0,000331	-0,000258	0,000769	0,0003487	0,00155	0,00235	-0,00074
1,9	-2,34E-05	0,000455	0,000248	0,00068	0,001376	0,00164	0,004537	-0,00222
2,3	0,0169	0,000562	0,0118	0,002385	0,016264	0,00463	0,02267	-0,00353
2,5	0,0312	0,003739	0,03819	0,005445	0,06679	0,00923	0,0487	-0,00173
2,7	0,1095	0,007704	0,12674	0,01086	0,11081	0,01771	0,1009	0,00343
2,9	0,2228	0,01067	0,23	0,01155	0,19563	0,02406	0,144	0,00779
3,1	0,56	0,01452	0,5	0,0211	0,33892	0,03389	0,2055	0,01377

S – длина дуги контура капли-независимая переменная, используемая при численном решении уравнения капиллярности

Вычисление параметра *b*

**Вишняя капля.** Умножим уравнение (7) на  $x/4$  и вычислим разность полученного соотношения и уравнения (8). Получим:

$$\frac{V}{\pi} \frac{xy^2}{4} = \frac{x^2}{2} - \frac{(1-0,2\beta)x^3}{12} \quad (9)$$

После деления уравнения (9) на  $x^3$  будем иметь:

$$\frac{1}{2x} = \frac{V}{\pi x^3} - 0,25 \left[ \frac{y^2}{x^2} - \frac{(1-0,2\beta)}{3} \right] \quad (10)$$

Размерная форма уравнения (10) запишется:

$$\frac{b}{2h} = \frac{U}{\pi h^3} - 0,25 \left[ \frac{r^2}{h^2} - \frac{(1-0,2\beta)}{3} \right] \quad (11)$$

В предположении что  $1 \gg 0,25\beta$ , получим:

$$\frac{1}{2x} = \frac{b}{2h} = \frac{U}{\pi h^3} - 0,25 \left[ \frac{r^2}{h^2} - \frac{1}{3} \right] = \frac{U}{\pi h^3} - 0,25 \left[ \frac{y^2}{x^2} - \frac{1}{3} \right] \quad (12)$$

Абсолютную погрешность  $\Delta$  для уравнения (12) (разность левой и правой частей) вычисляли при значениях  $X \leq 2$  и при значениях  $\beta$   $0,05 \leq \beta \leq 0,25$  по таблицам Мелик-Гайказяна [8], а для  $\beta=0,4; 0,5$  и  $X \leq 3$  – по таблицам Башфорта-Адамса [7]. Часть этих результатов приведена в таблице 3.

Таблица 3

Абсолютные погрешности  $\Delta$  уравнения (12)

S \ β	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,4	0,5
0,4	0,02496	0,01647	0,01825	-7,88465	0,008942	0,034319	0,01403
0,8	0,002062	0,003422	0,00128	0,005017	0,006721	0,009516	0,012436
1,2	0,001637	0,005142	0,001396	0,004731	0,005686	0,008821	0,010813
1,6	0,001265	0,002223	0,00126	0,004129	0,004077	0,008006	3,738427
2	0,000946	0,001706	0,00079	4000,0	0,004206	0,006836	0,008621
2,4	0,000333	0,000704	-0,00042	0,001852	0,002555	0,004981	0,006695

**Сидячая капля.** Формулу для вычисления параметра  $b$  сидячей капли можно получить используя приближение (5).

Умножим уравнение (5) на  $x/3$  и возьмем разность полученного соотношения и уравнения (6). После несложных преобразований получим:

$$\frac{x}{y^2} = 3 \frac{\nu}{\pi x y^2} - 1 ; \text{ или } \frac{bb}{r^2} = 3 \frac{U}{\pi x y^2} - 1 ; \quad h = 3 \frac{U}{\pi h^2} - \frac{r^2}{h} ; \quad (13)$$

Использованием таблиц Башфорта-Адамса [7] вычислены абсолютные погрешности  $\Delta$  уравнения (13) (разность левой и правой частей) для 8-ми значений параметра  $\beta$  и всех значениях  $x$ , приведенных в этих таблицах. Часть этих результатов приведена в таблице 4.

Таблица 4

Сидячая капля. Абсолютные погрешности  $\Delta$  уравнения (13)

φ \ В	0,125	0,75	1	2	3	4	6	8
10	0,00031	0,01172	-0,00485	-0,00678	0,01132	0,00754	-0,0023	0,00931
30	0,00084	0,00073	0,00068	0,00057	0,00060	0,00010	-0,0012	-0,00223
50	0,00097	0,00119	0,00113	0,00029	-0,00104	-0,00264	-0,00647	-0,01038
70	0,00159	0,00289	0,00281	0,00082	-0,00245	-0,0061	-0,01407	-0,02203
90	0,00378	0,00871	0,00874	0,07986	-0,00063	-0,00706	-0,02032	-0,03322
110	0,01125	0,02653	0,02708	0,02142	0,01183	0,00156	-0,01867	-0,03754
130	0,03940	0,07941	0,07994	0,06813	0,051491	0,03484	0,00422	-0,02294
140	0,07899	0,13671	0,13531	0,11489	0,09141	0,06958	,031113	-0,00196

**Вычисление параметра  $\beta$ .**

Вычислим зависимость числа Бонда  $\beta$  от геометрического параметра- высоты висячей(лежащей) капли.

**Висячая капля.** Рассмотрим Уравнение (3):

интеграл в числителе уравнения (3) вычислим в приближении  $y^2=2x-x^2$ . Получим:

$$yy' = \frac{1-x+\beta[x^2-0,5x-\ln(1-0,5x)]f}{1+0,5\beta\left(\frac{\int y^2 dx}{y^2}-x\right)} \quad (14)$$

В уравнениях (14) и (4) введем обозначения:

$$p = \frac{(x^2 - 0,5x \ln(1 - 0,5x))}{3}$$

Получим:

$$yy' = \frac{1-x+\beta p}{1+0,5\beta f} \quad (15)$$

$$\frac{1}{y\sqrt{1+(y')^2}} = \frac{1}{\sqrt{y^2+(yy')^2}} = 1+0,5\beta f \quad (16)$$

После подстановки (15) в (16) и несложных преобразований получим квадратное уравнение по  $\beta$ :

$$A\beta^2 + 2B\beta + C = 0;$$

где:  $A = P^2 + (0,5fy)^2$ ;  $B = P(1-x) - 0,5fy^2$ ;  
 $C = 1 - y^2 - (1-x)^2$ .

Корни квадратного уравнения равны:

$$\beta_{1,2} = -\frac{B \left[ 1 \pm \sqrt{1 + \frac{AC}{B}} \right]}{A} \quad (17)$$

Для сидячей капли в формуле (17) перед квадратным корнем ставится знак (-) была проведена проверка формулы (17) с помощью таблиц Мелик-Гайказяна [8] при  $x \leq 2$  для  $0,05 \leq \beta \leq 0,25$  и таблиц Башфорта-Адамса [7] для  $\beta = 0,4; 0,5$ : вычислены относительные погрешности  $d\beta = 1 - \beta_k / \beta_t$ , где  $\beta_t$  заданные в таблицах значения параметра  $\beta$ ,  $\beta_k$  - значения  $\beta$ , вычисленные по формуле (17).

В таблице 5 приведена часть полученных результатов.

Таблица 5

S \ β	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,4	0,5
0,4	0,000451	-0,00378	0,004087	-86,5579	-0,00411	-0,00725	0,005894
0,8	-0,00194	-0,00294	-0,00327	-0,00269	-0,00859	-0,00472	-0,00642
1,2	-0,00194	-0,00805	-0,00338	-0,00421	-0,00478	-0,00752	-0,00942
1,6	-0,001	-0,00124	-0,00157	-0,00221	-0,00301	-0,00696	-0,01073
2	0,00336	0,006731	0,009122	0,001684	0,011304	0,007116	-0,00181
2,4	0,024235	0,04586	0,063801	0,077842	0,087653	0,088091	0,053288

**Сидячая капля.** Параметр  $\beta$  для сидячей капли вычисляется также формулой (17), но изменением знака правой части.

В таблице 6 даны погрешности параметра  $\beta$  рассчитанные по формуле (17) для сидячей капли.

При вычислении погрешности  $\beta$  для сидячих капель обнаружилась одна странность: для  $\beta \geq 2$ , при постоянном  $\beta$  с изменением (увеличением)  $X=X(\phi)$  погрешность меняется мало до некоторого значения  $\phi$ , при котором происходит резкое увеличение (почти на два порядка) погрешности. Если в формуле (17) знак (-) перед квадратным корнем изменить на (+) погрешность снова резко снижается. В таблице 5 даны значения  $\beta$  и  $\phi$  при которых происходит скачок погрешности.

Таблица 6

$\phi$ \ $\beta$	0,125	0,75	1	2	3	4	5	6	8
10	0,58125	-0,1211	-0,084	0,0716	0,0066	-0,01	0,01413	-0,0253	-0,0434
30	-0,0023	-0,0006	0,0008	0,0035	0,0070	0,0076	0,01078	0,01156	0,01382
50	0,00303	0,00339	0,0047	0,0090	0,0052	0,0144	0,0164	0,01821	0,02903
70	-0,0003	0,0043	0,0057	0,00893	-0,006	0,01258	0,0138	0,01481	0,01633
90	-0,0011	-0,001	-0,0009	-0,07962	-0,0272	-0,00063	-0,0005	-0,00042	-0,00022
110	-0,0067	-0,01781	-0,0196	-0,02363	-0,0587	-0,02673	-0,0733	-0,02816	-0,02916
130	-0,0243	-0,05133	-0,0544	-0,05992	-0,0972	-0,0637	-0,0648	-0,06557	-0,06689
150	-0,0705	-0,0982	-0,0993	-0,10061	-0,136	-0,10152	-0,102	1,446	-0,1032

Таблица 7

$\beta$	2	3	3,5	4	5	6	8
$\phi$	125	100	95	85	75	70	60

При условии постоянства радиуса шейки и объема висячей капли параметр  $\beta$  является однозначной функцией высоты капли. Для сидячей капли при постоянстве объема должен быть постоянным радиус площади контакта капли с подложкой.

### Выводы

На висячей капле при изменении объемной концентрации адсорбата, радиус шейки в плоскости устья капилляра и объем капли не меняются, а изменяется только высота капли  $H$ .

Изменение высоты капли регистрируется бесконтактным, фотоэлектрическим методом. Параллельно непрерывной фотоэлектрической регистрации  $H$ -с кривой проводится фотографирование или видео захват изображения капли точках установки маркеров, которые наносятся в ходе регистрации на  $H$ -с кривую. При регистрации высоты капли используется щелевая диафрагма известной ширины и высоты. С помощью градуированной щелевой ди-

афрагмы устанавливается реальная величина высоты капли. По известным величинам радиуса шейки, объема и начальной высоты капли вычисляется параметр  $b$ . Исползованием параметра  $b$  вычисляются безразмерные величины  $y_0$ ,  $V_0$  и  $X_0$ . Так как  $y_0$  и  $V_0$  являются постоянными величинами, в маркерных точках вычисляется только измененные значения  $X$ . Подстановкой этих величин в формулу (17) в каждой маркерной точке вычисляется значение  $\beta$  а затем по формуле (2) вычисляется  $\sigma$ .

С помощью значения  $\sigma$ , вычисленных в маркерных точках, градуируется вертикальная ось, а на горизонтальную ось наносятся значения объемных концентрации адсорбата.

Непрерывная фотоэлектрическая регистрация изменения высоты висячей капли дает возможность также регистрации электрокапиллярных кривых жидких металлических электродов при непрерывном изменении потенциала электрода и адсорбционных кривых при непрерывном изменении объемной концентрации адсорбата в измерительной ячейке.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Енукидзе Н.Е. Решение уравнения капиллярности с помощью степенных ядов. Известия НАН Грузии, серия химическая, т.40. №2-3, Тбилиси, 2014. с.153-159.
2. Енукидзе Н.Е. О приближенном решении интегральной формы уравнения капиллярности. Конденсированные среды и межфазные границы. т. 17, Москва, 2015. с. 319-331.
3. Федорова А.А., Улитин М.В. Поверхностное натяжение и адсорбция электролитов на границе раздела фаз водный раствор-газ. Журн. физ. химии.

4. T.81. №7, Москва, 2007. с.1278-1281.
4. Randles J.E.B., Schiffrin D.J. Surface tension of Dilute Acid Solutions. Trans. Faraday Soc. V.62. №9, 1966. p. 2403-2408.
5. Мелик-Гайказян В.И., Емельянова Н.Р., Козлов М.И., Труфанов М.И., Фролов Н.С., Юшина Т.И., Липная Е.Н. Релаксационные кривые, методика их снятия и значение их для понимания процесса пенной флотации и управления им. Известия вузов. Цветная металлургия №2, Москва, 2008. с. 6-15.
6. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы Теоретической электрохимии. Высшая школа, Москва, 1978.

- с. 239.
7. Bashforth F., Adams J.C. An Attempt to test the theories of capillary action by comparing the theoretical and measured forms of drops of fluids. Cambridge. 1883. 158 p.
  8. Мелик-Гайказян В.И. Результаты численного решения уравнения Лапласа для фигур вращения с формами от 0,0025 до 0,2500. Известия Томского политехнического института, Т.136, 1965. с. 110-132.

**6. ენუქიძე**

**დაკიდებულ ან მჯდომარე წვეთზე ადსორბციული მრუდების უწყვეტი რეგისტრაციის მეთოდის დასაბუთება**

**ანოტაცია.** წარმოდგენილია ადსორბციული მრუდების უწყვეტი რეგისტრაციის მეთოდი დაკიდებულ და/ან მჯდომარე წვეთზე. კაპილარობის განტოლების სხვადასხვა ფორმის გამოყენებით დაკიდებულ და/ან მჯდომარე წვეთის მეთოდებისთვის მიღებულია ბონდის რიცხვის  $\beta$  მიახლოებითი ანალიზური დამოკიდებულება წვეთის გეომეტრიულ პარამეტრებზე: სიმაღლეზე, მოცულობაზე და წვეთის ყელის რადიუსზე კაპილარის ტორსის სიბრტყეში და/ან საყრდენ სიბრტყესთან კონტაქტის ფართის რადიუსზე. ამასთან ერთად მიღებულია კაპილარობის განტოლების მანორმირებული მამრავლის-პარამეტრის  $b$  გამოსათვლელი ფორმულა.

**საკვანძო სიტყვები:** კაპილარობის განტოლება; დაკიდული წვეთი; მჯდომარე წვეთი; ბონდის რიცხვი; ადსორბცია; ფლოტაცია.

9. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. Мир, Москва, 1979. 568 с.
10. Адам И.К. Физика и химия поверхностей. Гостехиздат. М.-Л. 1947. с 552
11. Kruss Tensiometer. [https://www.kruss-scientific.com/en/products-services/-products-/k100?gclid=CjwKCAjw6qqDBhB-EiwACBs6x-635wi7twbu-2l8msV1zsZ7JpfqX-HUi5av-MCMh-ktLoHInw0WfmMBORoC5nAQAvD\\_BwE](https://www.kruss-scientific.com/en/products-services/-products-/k100?gclid=CjwKCAjw6qqDBhB-EiwACBs6x-635wi7twbu-2l8msV1zsZ7JpfqX-HUi5av-MCMh-ktLoHInw0WfmMBORoC5nAQAvD_BwE) – (дата обращения 27 Апреля 2021)

**ENUKIDZE N.**

**JUSTIFICATION OF METHOD FOR CONTINUOUS RECORDING OF ADSORPTION CURVES ON PENDANT AND/OR SESSILE DROPS**

**ANNOTATION:** A method is proposed for continuous recording of adsorption curves on pendant and/or sessile drops. Using various forms of the capillarity equation for the pendant and sessile drops methods analytical expressions were obtained for dependence of the Bond coefficient  $\beta$  on geometric parameters of the drop: height, radiuses of the neck in the plane if the capillary end/or substrate contact area and volume. A formula for calculating parameter  $b$ -normalising coefficient of the capillarity equation is also obtained.

**KEY WORDS:** capillarity equation; hanging drop; sitting drop; Bond number; adsorption; flotation.

შპს 622.234 : 271

**აკად. დოქტორი თ. ფირცხალავა**

**კარიერებზე მასობრივი აფეთქებების ჩატარებისას გამოყოფილი მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს დაბინძურების ანალიზი**

**ანოტაცია.** ნაშრომში განხილულია კარიერებზე საამფეთქებლო სამუშაოების ჩატარებისას მავნე აირებით და მტვრის გაფრქვევით გამოწვეული ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების აქტუალური საკითხი. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ხარისხზე საამფეთქებლო სამუშაოების წარმოებისას გამოყოფილი მავნე აირებისა და მტვრის ემისიის გასაანგარიშებლად გამოყენებულ იქნა საქართველოში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტები, რომლებიც ადგენენ ჰაერის ხარისხის სტანდარტს. მოცემულია მავნე აირებისა და მტვრის ემისიის პარამეტრების საანგარიშო ალგორითმი და საამფეთქებლო სამუშაოების ჩატარებისას გაფრქვეული მავნე აირებისა და მტვრის ემისიის გაანგარიშების შედეგები.

**საკვანძო სიტყვები:** კარიერი; ატმოსფერული ჰაერის დაცვა; საამფეთქებლო სამუშაოები; მავნე აირების ემისია; მტვრის ემისია; ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია; საანგარიშო ალგორითმი; გაანგარიშების შედეგები.

დღეისათვის ჰაერის დაბინძურება ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს გარემოსდაცვით პრობლემას წარმოადგენს, რადგან გარემოში სხვადასხვა დამაბინძურებლის რაოდენობის ზრდა უარყოფით გავლენას ახდენს, როგორც ცოცხალი ორგანიზმების ჯანმრთელობასა და სიცოცხლეზე, ასევე ეკოსისტემებში მიმდინარე ბუნებრივ პროცესებზე [1]. ატმოსფერული ჰაერის დაცვის საკითხები რეგულირდება „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონითა (1999 წ.) და შესაბამისი კანონქვემდებარე აქტებით. ამ კანონმდებლობის თანახმად, ატმოსფერული ჰაერის ხარისხისთვის ზღვრული მნიშვნელობების გათვალისწინებით, ემისიის ზღვრული მნიშვნელობები - თითოეული მავნე ნივთიერებისთვის გაფრქვევის ზღვრები ინდივიდუალურად არის დადგენილი მსხვილი სამრეწველო ობიექტებისთვის, რომელმაც შესაძლოა საფრთხე შეუქმნას ადამიანსა და გარემოს. 2018 წლის 1 აგვისტოდან საქართველოში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხი ფასდება თანამედროვე ევროპული სტანდარტებით [2].



ღია წესით სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებასთან ახლავს სერიოზული ნეგატიური გამოვლინებები: დიდ ტერიტორიებზე ტყეების გაჩეხვა და მცენარეული საფარის განადგურება; მიწისქვეშა, ზედაპირული წყლების და ნიადაგის დაბინძურება; იცვლება სოციალური გარემო. გრიგოლ წულუკიძის სახელობის სამთო ინსტიტუტში ტარდებოდა კვლევები წიაღისეულის ღია წესით მოპოვების გავლენის შესასწავლად გარემოზე, კერძოდ, ლანდშაფტზე [3], კარიერების გარემომცველ ატმოსფეროს ხარისხზე [4, 5, 6].

ღია სამთო სამუშაოების ობიექტების ატმოსფეროს შედგენილობის და მისი შეფასებისას გამოდიან მედიკო-

ბიოლოგიური მოთხოვნებიდან, ითვალისწინებენ მავნე მინარევების კონცენტრაციებს, მათი მოქმედების მიმართულებას, ტოქსიკურობის ხარისხს. კარიერებზე ატმოსფერული ჰაერის დაცვის საკითხები რეგულირდება „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონით და მისი მოთხოვნებიდან გამომდინარე მიღებული კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტებით [7-12]. გარემოს დაცვითი სტანდარტები ადგენენ გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის მოთხოვნებს და განსაზღვრავენ ჰაერში ადამიანის ჯანმრთელობისათვის და გარემოსათვის სახიფათო ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (ზდკ).

ცხრილი 1

დასახლებული პუნქტების და კარიერის სამუშაო ზონაში ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები

მავნე ნივთიერებათა დასახელება	ზდკ, მგრ/მ <sup>3</sup>		
	დასახლებულ პუნქტებში		სამუშაო ზონაში
	მაქსიმალური ერთჯერადი	საშუალო დღე-ღამური	
აზოტის დიოქსიდი, NO <sub>2</sub>	0,085	0,04	2
აზოტის ოქსიდი, NO	0,4	0,06	5
გოგირდის დიოქსიდი, SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	10
ნახშირბადის ოქსიდი, CO	5	3	20
არაორგანული მტვერი სილიციუმის ორჟანგის შემცველობით 70-20 %	0,3	0,1	3

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

$$\frac{C_{m1}}{Z_{დკ1}} + \frac{C_{m2}}{Z_{დკ2}} + \dots + \frac{C_{mn}}{Z_{დკn}} \leq 1. \tag{1}$$

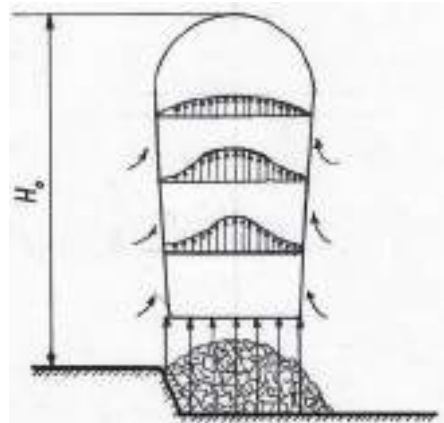
სადაც C<sub>m1</sub>, C<sub>m2</sub>, ..., C<sub>mn</sub> არის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ერთსა და იმავე ადგილას მავნე ნივთიერების გაანგარიშებული მაქსიმალური კონცენტრაცია დაბინძურების ყველა წყაროების ერთობლიობიდან, მგრ/მ<sup>3</sup>; Z<sub>დკ1</sub>, Z<sub>დკ2</sub>, ..., Z<sub>დკn</sub> – შესაბამისი მავნე ნივთიერების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგრ/მ<sup>3</sup>.

ცნობილია, რომ მსოფლიოში ყოველწლიურად საამფეთქებლო სამუშაოების გამოყენებით ხდება დაახლოებით 10 მლრდ მ<sup>3</sup> სამთო მასივის მონგრევა ფეთქი ნივთიერების (ფნ) კუთრი ხარჯით 0,7-0,9 კგ/მ<sup>3</sup>, ამასთან გამოიყოფა 7-9 მლრდ მ<sup>3</sup> მოცულობის მავნე აირები და დიდი რაოდენობით წვრილდისპერსიული მავნე მტვერი. მტვერაირის ღრუბლიდან, საცხოვრებელ

რაიონებში და სასოფლო სავარგულებზე დაღეილი მავნე ნივთიერებები, ქმნიან კარიერიდან 15-20 კმ რადიუსში „მეტად საშიშ“ ეკოლოგიურ საფრთხეს [13]. ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მრავალი მავნე ნივთიერებიდან, განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გამოიყოფა შემდეგი ტოქსიკური აირები: აზოტის ოქსიდები, ნახშირბადის ოქსიდი, გოგირდის დიოქსიდი, აგრეთვე არაორგანული წვრილდისპერსიული მტვერი სილიციუმის ორჟანგის შემცველობით 70-20 % [14]. აღნიშნული დამაბინძურებელი ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 1.



ნახ. 1. მტვერაირის ღრუბელი [14]



ნახ. 2. მტვერაირის ღრუბლის ფორმირების სქემა

კარიერზე მასობრივი აფეთქების განხორციელების მომენტიდან მტვერაირის ღრუბელი (ნახ.1. და ნახ.2) საშუალოდ 20-40 წუთის პერიოდში (მეტეოპირობებისაგან დამოკიდებულებით), ადის 400-600 მ სიმაღლეზე (ცალკეულ შემთხვევებში 800 მ-მდე) და ვრცელდება 14-17 კმ მანძილზე და აბინძურებს მიწის ზედაპირის დიდ ფართობებს [15]. მავნე ნივთიერებების გამოყოფის ინტენსივობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, ძირითადად სამთო ქანების ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე და გაწყლოვანებაზე, ასაფეთქებელი ჭაბურღილების გაბურღვის ხერხებზე, გამოყენებული ფნ ასორტიმენტზე, ჭაბურღილების დასაცობად გამოყენებული მასალების სახეზე, აფეთქების მეთოდებზე, მასობრივი აფეთქების განხორციელების დროზე, მეტეოპირობებზე და სხვ. [16].

აზოტის ოქსიდების (NOx) გამოყოფის ძირითადი მიზეზი მდგომარეობს ფნ შემადგენლობაში ჟანგბადის ჭარბი რაოდენობის არსებობაში. გაზომვებით დადგენილია, რომ მასობრივი აფეთქების მომენტიდან მტვერის კონცენტრაცია კარიერის ატმოსფეროში დროში იცვლება შემდეგნაირად: საწყის მომენტში აღწევს - 2500 მგრ/მ<sup>3</sup>, 30 წუთის შემდეგ - 850 მგრ/მ<sup>3</sup>-ში. ექსპერიმენტის ჩატარებისას, 1,4 მკმ ზომის მტვრის ნაწილაკების შემცველობა აფეთქებული ჭაბურღილიდან 100 მ მანძილზე შეადგენდა 56 %-ს, ხოლო 60 მკმ-ზე უფრო დიდი ზომის მტვრის ნაწილაკებისა - მხოლოდ 2,3 %-ს. შესაბამისად, 500 მ მანძილზე: 1,4 მკმ ზომის მტვრის ნაწილაკების შემცველობა შეადგენდა 84 %-ს, ხოლო 60 მკმ-ზე უფრო დიდი ზომის მტვრის ნაწილაკებისა - მხოლოდ 0,3 %-ს. ესე იგი, გრავიტაციული ძალების ზემოქმედებით, მტვრის მსხვილი ნაწილაკების დალექვის ზონა განლაგებულია აფეთქების ადგილიდან მნიშვნელოვნად უფრო ახლოს [17].

ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ გამოყენებულ ყოველ 1 კგ ფნ მტვერაირის ღრუბელში გადადის 80-დან 320 გრ-მდე 20 მკმ ნაკლები ზომის მქონე მტვრის ფრაქცია. ჭაბურღილიდან აირების და 0-150 მკმ მტვრის ფრაქციების გამოყოფა ხდება აფეთქების მომენტიდან

30-60 მწმ-ს პერიოდში. ფნ მუხტის დიამეტრის შემცირებით 252 მმ-დან 75 მმ-მდე საშუალებას იძლევა შევამციროდ 0-300 მკმ მტვრის ფრაქციის გამოსავალი 2,5 -3 -ჯერ, ჰაერის შუალედების (1/4 მუხტის სიგრძისა) გამოყენებისას - 7-ჯერ. კარიერზე მტვერაირის ღრუბელში მავნე ნივთიერებების გამოყოფის შემცირება მიიღწევა აგრეთვე შემცირებული დეტონაციის სიჩქარის მქონე ფნ გამოყენებით [18].

კარიერის ატმოსფეროში მტვერაირის ღრუბლის გაფრქვევის ძირითადი პარამეტრების (მოცულობა, გავრცელების სიმაღლე, ცალკეული მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია და მათი მასა) გაანგარიშება ხორციელდება მისი მაქსიმალური განვითარების მომენტისათვის, როდესაც ფორმის სიმკვეთრე ჯერ კიდევ შენარჩუნებულია. მტვერაირის ღრუბლის მოცულობა ( $V_0$ ), გამოითვლება ემპირიული ფორმულით:

$$V_0 = 4,4 \cdot 10^4 A^{1,08} \cdot \text{მ}^3, \quad (2)$$

სადაც A არის აფეთქებული ფნ რაოდენობა, ტ.

მტვერაირის ღრუბლის ატმოსფეროში გაფრქვევის გავრცელების სიმაღლე ( $H_0$ ) გამოითვლება ფორმულით:

$$H_0 = \beta \cdot (164 + 0,258A) \cdot \text{მ}, \quad (3)$$

სადაც  $\beta$  არის უგანზომილო კოეფიციენტი.

ცალკეული მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია C (მგრ/მ<sup>3</sup>) მტვერაირის ღრუბელში გამოითვლება ფორმულით:

$$C = \frac{10^9 \cdot g \cdot A}{V_0} \left(1 - \frac{r}{100}\right), \text{მგრ/მ}^3, \quad (4)$$

სადაც g არის ცალკეული მავნე ნივთიერებების კუთრი გამოყოფა 1 ტ ფნ აფეთქებისას, ტ/ტ; r -

აფეთქებისას გამოყენებული ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა შემცირების გამოყენებული ღონისძიებების ეფექტურობა, %.

კონკრეტული აფეთქებისას გაფრქვეული და კარიერის ფარგლებს გარე ატმოსფეროში მტვერაირის ღრუბლის მიერ გადატანილი ცალკეული მავნე ნივთიერების მასა  $M_0$  (ტ) გამოითვლება ფორმულით:

$$M_0 = \frac{k \cdot c \cdot V_0}{10^9}, \text{ ტ} \quad (5)$$

სადაც  $k$  არის უგანზომილო კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კარიერის ფარგლებში ცალკეული მავნე ნივთიერების გრავიტაციულ დალექვას (მტვერისათვის  $k = 0,16$ ; აირისათვის  $k = 1$ ).

ფორმულა (4) გათვალისწინებით გამოსახულება (5) შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$M_0 = k \cdot g \cdot A \left(1 - \frac{r}{100}\right), \text{ ტ} \quad (6)$$

მაგალითი. განისაზღვროს კარიერზე მასობრივი აფეთქების განხორციელების შედეგად ატმოსფეროში წარმოქმნილი მტვერაირის ღრუბლის ძირითადი პარამეტრები:  $V_0$  – მოცულობა, მ<sup>3</sup>;  $H_0$  – გავრცელების სიმაღლე, მ;  $M_{NOx}$  – აზოტის ჟანგეულების მასა, ტ;  $M_{CO}$  – ნახშირბადის ოქსიდის მასა, ტ;  $M_p$  – მტვრის მასა, ტ.

საწყისი მონაცემები: ასაფეთქებელი ქანების სახეობა – კირქვები; ქანების სიმაგრე – 5-6; საფეხურის სიმაღლე – 10 მ; ჭაბურღილის საცობის სიგრძე – 4,5 მ; ფნ მასა ერთ აფეთქებაზე – 8 ტ; ფნ სახეობა – გრანულიტი; ფნ საშუალო კუთრი ხარჯი – 0,42 კგ/მ<sup>3</sup>; ასაფეთქებელი ქანების მოცულობა – 19000 მ<sup>3</sup>.

გაანგარიშების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2.

## ცხრილი 2

კარიერზე მასობრივი აფეთქების განხორციელების შედეგად ატმოსფეროში წარმოქმნილი მტვერაირის ღრუბლის ძირითადი პარამეტრები

პარამეტრები	$V_0$ მ <sup>3</sup>	$H_0$ მ	$M_{NOx}$ ტ	$M_{CO}$ ტ	$M_p$ ტ
რიცხვითი მნიშვნელობა	$4,47 \cdot 10^5$	133	0,023	0,18	0,512

წარმოდგენილი შედეგები შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს საქართველოს ტერიტორიაზე ღია სამთო სამუშაოების ობიექტების ატმოსფეროს შემადგენლობის შეფასებისას კარიერზე მასობრივი აფეთქების განხორციელების შედეგად წარმოქმნილი მტვერაირის ღრუბლის ძირითადი პარამეტრების გაანგარიშების ჩატარების დროს.

## ლიტერატურა

- <https://www.ge.undp.org/content/georgia/ka/home/press-center/pressreleases/2020/air-quality-monitoring.html>
- <http://www.eiec.gov.ge/getattachment/News/Brochures/>
- თ. ფირცხალავა, ნ. ბოჭორიშვილი. გარემოს დაცვის შესახებ ბაკურიანის ანდეზიტის საბადოზე. „სამთო ჟურნალი“, №1 (38), თბილისი, 2017. გვ. 226-230.
- თ. ფირცხალავა. საკარიერო ტექნოლოგიური კომპლექსის მანქანების გამონაბოლქვის მავნე ნივთიერებებით ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების შესახებ. „სამთო ჟურნალი“, №1 (42), თბილისი, 2019. გვ. 50-52.
- თ. ფირცხალავა. მტვრის ემისიის გაანგარიშება საკარიერო ავტოტრანსპორტის მუშაობისას. „სამთო ჟურნალი“, №1 (43), თბილისი, 2020. გვ. 61-65.
- თ. ფირცხალავა. კარიერის ატმოსფეროში მტვრის ჩახშობა წყლის გაფრქვევით. „სამთო ჟურნალი“, №1 (44), თბილისი, 2021. გვ. 16-20.
- საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბერის დადგენილება №450 „ტექნიკური რეგლამენტი კარიერების უსაფრთხოების შესახებ“. <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/218761>
- საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბერის დადგენილება №408 „ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის ნორმების გაანგარიშების ტექნიკური რეგლამენტი“. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2187592>
- საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 3 იანვრის დადგენილება №8 „არახელსაყრელ მეტეოროლოგიურ პირობებში ატმოსფერული ჰაერის დაცვის ტექნიკური რეგლამენტი“. <http://eiec.gov.ge/Temebi/Air/Legislation/Regulation/mtavrobis-dadgenileba-N8.aspx>
- საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 6 იანვრის დადგენილება №42 „ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების სტაციონარული წყაროების ინვენტარიზაციის ტექნიკური რეგლამენტი“. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2189559>
- საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბერის დადგენილება №448 „ატმოსფერული ჰაერის მავ-

ნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსის გამოთვლისა და ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების დონეების მიხედვით განსაკუთრებით დაბინძურებული, მაღალი დაბინძურების, დაბინძურებული და დაბინძურების არმქონე კატეგორიის რეგიონებისათვის ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსების სიდიდეების ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“.

<http://eiec.gov.ge/Temebi/Air/Legislation/Regulation/mtavrobis-dadgenileba-N448.aspx>

12. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 31 დეკემბრის დადგენილება №435 ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე: „დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვევების ფაქტობრივი რაოდენობის განსაზღვრის ინსტრუმენტული მეთოდის, დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვევების ფაქტობრივი რაოდენობის დამდგენი სპეციალური გამოზომ-საკონტროლო აპარატურის სტანდარტული ჩამონათვალისა და დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან ტექნოლოგიური პროცესების მიხედვით ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვევების ფაქტობრივი რაოდენობის საანგარიშო მეთოდის შესახებ“. <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/2186008>
13. 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/>

14. <https://ru.depositphotos.com/60419669/stock-photo-air-hill-blast-4.html>
15. Колесник В. Е., и др. Способи і засоби підвищення екологічної безпеки масових вибухів в залізорудних кар'єрах за пиловим чинником. «Літограф», Дніпропетровськ, 2014. 112 с.
16. Юрченко А.А. Физические процессы выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах. «Науковий вісник НГУ», № 2, Днепропетровск, 2010. с. 85 – 88.
17. Ларичев А.Ю. и др. К вопросу влияния параметров буровзрывных работ на процесс образования пылегазового облака. «Взрывное дело», № 103, 2010. с. 268-282.
18. Давыдов С. Я. и др. Пылеобразование и использование пыли горных пород на промышленных объектах. «Известия УГТУ», Вып. 3(43), Екатеринбург, 2016. с. 87–90.
19. Ларичев А.Ю., Маташ С.Л., Мазур А.С. и др. Влияние параметров буровзрывных работ на процесс образования пылегазового облака. «Известия СПбГТИ(ТУ)», № 6(32), Санкт-Петербург, 2009. с. 60-62.

PIRTSKHALAVA T.G.

#### АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ АТМОСФЕРЫ КАРЬЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ

**АННОТАЦИЯ.** В работе рассмотрены актуальные вопросы загрязнения атмосферного воздуха карьеров выбросами токсических газов и пыли при проведении массовых взрывов. Для оценки степени загрязняющего воздействия токсичных газов и пыли, выделившихся при проведении массовых взрывов, на качество атмосферного воздуха карьера, а также для расчета их эмиссии были использованы нормативных документы Грузии, которые устанавливают стандарт качества воздуха. Приведены расчетный алгоритм и результаты расчета эмиссии токсичных газов и пыли, выделившихся при проведении массовых взрывов на карьере.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** карьеры; массовые взрывы; эмиссия токсичных газов; эмиссия пыли; загрязнение атмосферного воздуха; предельно допустимая концентрация; алгоритм расчета; результаты расчета.

PIRTSKHALAVA T.

#### ANALYSIS OF POLLUTION BY HAZARDOUS SUBSTANCES OF THE ATMOSPHERE OF A PARE DURING MASS EXPLOSIONS

**ANNOTATION.** The paper considers topical issues of atmospheric air pollution in open pits by emissions of toxic gases and dust during mass explosions. To assess the degree of the polluting effect of toxic gases and dust emitted during massive explosions on the quality of atmospheric air in the quarry, as well as to calculate their emission, the regulatory documents of Georgia were used, which establish the air quality standard. The computational algorithm and the results of calculating the emission of toxic gases and dust emitted during massive explosions in a quarry are presented.

**KEY WORDS:** career; massive explosions; emission of toxic gases; dust emission; maximum permissible concentration; calculation algorithm; calculation results.

დოქტორი, პროფესორი მ. ჩხარტიშვილი, დოქტორი ი. შვანგირაძე

**სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამქიმიკატები და ეკოლოგიური უსაფრთხოება**

*ანოტაცია. თანამედროვე მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის ფონზე ინტენსიურად ვითარდება საზოგადოებრივი წარმოება, ინერგება ახალი ტექნოლოგიები, იზრდება მოთხოვნები ბუნებრივ რესურსებზე. ყოველივე ეს, კაცობრიობის დიდი წარმატების მაჩვენებელი და მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის პოზიტიური შედეგია, მაგრამ მას აქვს ნეგატიური მოვლენებიც, ამ მიღწევების არაგონივრული გამოყენება იწვევს რესურსების ამოწურვის პროცესების დაჩქარებას, ბუნებრივი გარემოს დაბინძურებასა და ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევას. თანამედროვე პირობებში კაცობრიობისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობას იძენს ბუნებაში არსებული წონასწორობის შენარჩუნება, ეკოლოგიური მდგრადობის განმტკიცება და გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილება.*

**საკვანძო სიტყვები:** შხამქიმიკატები; მცენარეთა დაცვა; ენატიომერი; ქრომატოგრაფია; ქიმიზაცია; ადამიანის ჯანმრთელობა.

თანამედროვე ცივილურ სამყაროში მიმდინარე გლობალიზაციის პროცესები პირდაპირ არის დაკავშირებული სამეურნეო მასშტაბების ზრდასთან. საყოველთაოდ არის ცნობილი მთელ მსოფლიოში სოფლის მეურნეობის პროდუქტებზე მზარდი მოთხოვნილება. ამ მოთხოვნილების დაკმაყოფილება, მოსახლეობის გამოკვება და უზრუნველყოფა სრულფასოვანი საკვები პროდუქტით, ყველა ქვეყნის პრობლემაა. პრობლემის გადაჭრას სხვა ფაქტორებთან ერთად ის მავენე ორგანიზმები უშლიან ხელს, რომლებიც მკვეთრად ამცირებენ სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას და აუარესებენ მის ხარისხს.

გაერთიანებული ერების სასურსათო და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის (ფაოს) მონაცემებით სასოფლო სამეურნეო კულტურების მავნებლების, დაავადებისა და სარეველების მიერ გამოწვეული წლიური დანაკარგი მსოფლიოში დაახლოებით 75 მილიარდი ღირებულების პროდუქციასა და პოტენციური მოსავლის დაახლოებით 30 % შეადგენს მავნებლების წინააღმდეგ მსოფლიოს სოფლის მეურნეობაში ყოველწლიურად 1,5 მილიონ ტონაზე მეტი პესტიციდები გამოიყენება. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო, მცდელობამ ნებისმიერი საშუალებებით მიეღწიათ სასოფლო სამეურნეო პროდუქციის მოსავლიანობის მაქსიმალური ზრდისათვის, გამოიწვია სოფლის მეურნეობის ინტენსიური ქიმიზაცია, რამაც დიდ ეკონომიურ ეფექტთან ერთად, მოახდინა მცენარეული პროდუქტების დაბინძურება შხამქიმიკატებითა და მათი გარდაქმნის

პროდუქტებით.

თანამედროვე პირობებში არსებულმა ვითარებამ დღის წესრიგში დააყენა უსაფრთხო ღონისძიებათა სისტემების ძიება, რომლიც უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ეკოლოგიურ მოთხოვნებს: ა) დაბალი მწვავე ტოქსიურობა ცოცხალი ორგანიზმებისადმი, ბ) უარყოფითი ეფექტის არქონა, გ) დაბალი პერისტენტობა. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო, შესაძლებელია გარემოზე სოფლის მეურნეობის ინტენსიური ქიმიზაციის ეკოლოგიური ზემოქმედების თავიდან აცილება, და, რაც მთავარია, ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მიღება.

სასურსათო და ეკოლოგიური პრობლემების წარმატებით გადაჭრა, მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე გავრცელებული მავნე ორგანიზმების წინააღმდეგ გატარებულ ეფექტურ ღონისძიებებზე. დღეისათვის სამეურნეო მასშტაბების ზრდა ყველა ქვეყნის და მათ შორის, საქართველოს პრიორიტეტია.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის რაოდენობისა და ხარისხის ზრდას დიდ ზიანს აყენებს მავნე ორგანიზმები: მწერები, ტკიპები, ნემატოდები, სოკოები, ბაქტერიები, სარეველები და სხვა. თანამედროვე სოფლის მეურნეობაში მემცენარეობის პროდუქტის მიღება თითქმის შეუძლებელია მცენარეთა დაცვის საშუალებების გარეშე. მცენარეთა დაცვის თანამედროვე სტრატეგია ითვალისწინებს ბრძოლის ინტეგრირებულ სისტემის განხორციელებას, რომელიც უზრუნველყოფს მავნე ორგანიზმებისაგან მიყენებული ეკოლოგიური და ეკონომიკური ზარალის უმნიშვნელო ზღვარამდე დაყვანას. ინტეგრირებულ სისტემაში წამყვანია ქიმიური საშუალებების - შხამქიმიკატების (პესტიციდები) გამოყენება. მცენარეთა ქიმიური დაცვა იძლევა საშუალებას მოკლე დროში, ნაკლები დანახარჯებით, ეფექტურად დავიცვათ მცენარეები მავნებლებისა და დაავადებისაგან, შევაჩეროთ მათი მასობრივი გავრცელება და მკვეთრად გავზარდოთ მოსავლიანობა. შხამქიმიკატების გამოყენება მრავალ დადებით ფაქტორთან ერთად უარყოფით მოვლენებთანაც არის დაკავშირებული. დღეისათვის ცნობილია, რომ შხამქიმიკატების სულ უფრო მზარდი რაოდენობით გამოყენებამ გამოიწვია ქიკიმატების ნაშთებით ან მათი მეტაბოლიზმის პროდუქტებით გარემოს დაბინძურება. შხამქიმიკატი აღმოჩნდა იქ, სადაც საერთოდ არ გამოყენებიათ. სოფლის მეურნეობაში ზოგიერთი შხამქიმიკატის დიდ დოზით გამოყენებამ გამოიწვია მცენარის დაზიანება (მცენარეში ადგილი აქვს ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ფუნქციების მკვეთრ ცვლილებას). შეიცვალა წყლის,

ნიადაგის ეკოსისტემა. შხამქიმიკატები ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებია და მათი ნარჩენი რაოდენობა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციაში პოტენციურად საშიშია ცოცხალი ბუნებისა და ადამიანებისათვის. შხამქიმიკატების ინტენსიური გამოყენების შედეგად და მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების პრობლემის აქტიურობასთან ერთად სადღეისოდ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება პესტიციდების ნარჩენი რაოდენობების კონტროლს მემცენარეობის პროდუქტებსა და გარემოს ობიექტებში მცენარეში არსებული ქიმიკატების ნაშთები გამოდგებით განიცდის დაჟანგვას, ჰიდროლიზს და მცენარეული ფერმენტების კატალიზურ მოქმედებას, რის შედეგადაც ხდება მათი დაშლა, მიუხედავად ამ ბუნებრივი პროცესისა, მცენარეული საკვები პროდუქტები მაინც შეიცავენ მათ ნაშთებს, რაც, საბოლოო ჯამში, აბინძურებს საკვებ პროდუქტებს, აქვეითებს მათ ხარისხს და გარკვეულწილად საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას. შხამქიმიკატების ნარჩენი რაოდენობის პრობლემა მრავალმხრივია და გამოწვეულია ქიმიკატების განსხვავებული ფიზიკურ-ქიმიური და ტოქსიკოლოგიური მახასიათებლების ნაირსახეობით. მრავალი სასოფლო-სამეურნეო შხამქიმიკატი ქირალურ ნივთიერებას წარმოადგენს, ხოლო ზოგიერთი მათგანი ერთზე მეტ ქირალურ ცენტრს შეიცავს. ქირალური ნივთიერებების ენანტიომერების დაყოფა აქტუალური პრობლემაა თანამედროვე ქიმიაში როგორც პრაქტიკული, ასევე თეორიული თვალსაზრისით. აქტუალობას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ ქიმიური ნივთიერებების ენანტიომერებს ერთნაირი შედგენილობის მიუხედავად, ხშირ შემთხვევაში მკვეთრად განსხვავებული ფიზიოლოგიური მოქმედება ახასიათებთ. ამიტომაც მნიშვნელოვანია ასეთი ნივთიერებების ენანტიომერული სისუფთავის ანალიზი ან ქირალურად სუფთა სახით მიღება. შხამქიმიკატები ქირალური ნივთიერებებია, რომლებიც თეორიულად უნდა იჩენდნენ ენანტიოსელექტიურ მიზნობრივ მოქმედებას, ისევე როგორც ენანტიოსელექტიურად შეიძლება გროვდებოდნენ და გარდაიქმნებოდნენ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებსა და ნიადაგში.

### ლიტერატურა

1. ც.თურქაძე. გარემოს დაცვა და ბუნებათსარგებლობის ეკოლოგია. აკ. წერეთლის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. ქუთაისი, 2008. გვ. 95-101.
2. საქართველოს გარემოსა და ჯანმრთელობის დაცვის სამოქმედო-გეოგრაფიული გეგმა "გარემოდაჯანმრთელობა". საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტრო, პროექტი, თბილისი, 2001. გვ.113
3. Груздев Г.С. Химическая защита растений. Под редакцией Г.С. Груздева - 3-е изд., перераб. и доп. Агропромиздат, Москва, 1987. 415 с.
4. Мельников Н.Н. Пестициды и окружающая среда. Из-

შხამქიმიკატების ნაშთების ენანტიოსელექტიური დაგროვებისა და გარდაქმნის კონტროლი მცენარეებსა და ნიადაგში ხორციელდება ქრომატოგრაფიული მეთოდების გამოყენებით.

მცენარეთა დაცვის თანამედროვე სტრატეგიული მიმართულების მიზანია სოფლის მეურნეობის პროდუქტებზე მავნე ორგანიზმებისაგან მიყენებული ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ზარალის შესამცირებლად შემუშავებული ბრძოლის რაციონალური ღონისძიებები, რომლებიც მაქსიმალურ ეფექტს მოგვცემენ მავნე ორგანიზმების მიმართ და არ შეუქმნიან საშიშროებას ადამიანსა და გარემოს. ეს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მავნებელ დაავადებების წინააღმდეგ ბრძოლის ეფექტური მეთოდების დამუშავების ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს: წინასწარ შერჩეული შხამქიმიკატი, ქიმიკატის გამოყენების ოპტიმალური ტექნოლოგიების დანერგვა, მათი გამოყენების რეგლამენტების დაცვა, მცენარეში ქიმიკატების ტრანსლოკაციისა და ტრანსფორმაციის პროცესების შესწავლა, საკვებ პროდუქტებში ქიმიკატების მაქსიმალურად დასაშვები დონის ან ზღურალად დასაშვები კონცენტრაციის კანონით განსაზღვრულ დონესთან შესაბამისობის დადგენა, გარემოს ტოქსიკური დატვირთვის შემცირებისა და ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მისაღებად.

### დასკვნა

სასურსათო და ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარებისათვის აუცილებელია, შხამქიმიკატების ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიოლოგიური თვისებების დეტალური გამოკვლევა, მავნე ორგანიზმების მიმართ ეფექტურობის, ასევე გარემოსა და საკვებ პროდუქტებში მათი დეგრადაციისა და დეტოქსიკაციის თვალსაზრისით. შხამქიმიკატებისადმი ეკოლოგიური მოთხოვნების გაზრდა კი შესაძლებელს გახდის, გარემოზე სოფლის მეურნეობის ინტენსიური ქიმიზაციის შემდგომქმედების თავიდან აცილებას, და, რაც მთავარია, უხვი, უსაფრთხო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მიღებას.

дательство Химпром. Химия и технология органических продуктов, № 3 (14). Москва, 1992. с. 131-135

5. Chankvetadze B. Recent developments on polysaccharide-based chiral stationary phases for liquid-phase separation of enantiomers. J. Chromatogr. 1269. A, 2012, p. 26-51.
6. Mskhiladze A., Karchkhadze M., Dadianidze A., Fanali S., Farkas T., Chankvetadze B. Enantioseparation of Chiral Antimycotic Drugs by HPLC with Polysaccharide-Based Chiral Columns and Polar Organic Mobile Phases with Emphasis on Enantiomer Elution Order. Chromatographia 2013, 76, p. 1449-1458.
7. Matarashvili I., Shvangiradze I., Chankvetadze L., Sidamonidze Sh., Takaishvili N., Farkas T., Chankvetadze B. Sep. Sci. 24/ 38, 2015. p. 4173-4179.

**ЧХАРТИШВИЛИ М., ШВАНГИРАДZE И.  
ЯДОХИМИКАТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**CHKHARTISHVILI M., SHVANGIRADZE I.  
POISONCHEMICALS USED  
IN ARGICULTURE AND ENVIRONMENTAL  
SAFETY**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассматриваются пестициды, применяемые для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. Известно, что некоторые химические вещества негативно влияют на биосферу, загрязняют пищевые продукты, ухудшают их качество и представляют определенную угрозу для здоровья человека. Целью современной стратегии защиты растений является осуществление интегрированной системы борьбы, обеспечивающей минимизацию экологического и экономического ущерба, причиняемого вредителями.

**ANNOTATION.** The paper discusses the poisonchemicals used to fight pests and diseases of agricultural crops. It is known that some chemicals negatively affect the biosphere, contaminate food products, degrade their quality and pose some threat to human health. The goal of the modern plant protection strategy is to implement an integrated control system that ensures that the ecological and economic damage caused by pests is minimized.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ядохимикаты; защита растений; энантиомер; хроматография; химия; здоровье человека.

**KEY WORDS:** poisonchemicals; plant protection; enantiomer; chromatography; chemistry; human health.

უკ 669.18.543.27

**ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი ზ. სვანიძე**  
**მძიმე ტოქსიკური ლითონებით დაჭუჭყიანების დონის**  
**შეფასება მდ. მტკვარში**

*ანოტაცია. ნაშრომში მოცემულია მდ. მტკვარის მძიმე ტოქსიკური ლითონებით (Cd, Pb) დაჭუჭყიანების დონის შეფასება. დადგენილია მდ. მტკვარში Cd და Pb-ით დაჭუჭყიანების დონე. გამოვლენილია, რომ აღნიშნული ელემენტებით დაჭუჭყიანების დონე შედარებით მაღალია ქ. თბილისში, სადაც ისინი ცოცხალი ორგანიზმებისათვის საშიში რაოდენობითაა წარმოდგენილი. განსაკუთრებით გაზრდილია ტყვიის კონცენტრაცია, რაც ძირითადად გამოწვეულია ატმოსფეროში გაფრქვეული ავტოტრანსპორტის გამოწვევით, რომელიც ატმოსფერული ნალექების საშუალებით ხვდება მდინარეში, სადაც ბინადრობს სხვადასხვა სახეობის*

*თევზი, რომელთა შინაგანი ორგანოების ქსოვილებში, განსაკუთრებით ქვირითში ხდება ზემოაღნიშნული ელემენტების დაგროვება, რომლებიც იწვევს მრავალ შეუქცევად დაავადებას და უბადლონი არიან როგორც კანცეროგენი. საკვლევი მდინარის თევზს ინტენსიურად იყენებს მოსახლეობა. დაბინძურებულ მდინარეში დაჭერილი თევზის მოხმარებამ კი შესაძლებელია გამოიწვიოს მწვავე ინტოქსიკაცია.*

*საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია, ანთროპოგენური, ატმოსფერო-აბსორბციული, ქელატწარმოქმნელი, ტოქსიკური.*

გარემოს დაცვა, მისი ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენა - შენარჩუნება, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება, მისი ძირითადი კომპონენტების შენახვა და ბრძოლა დაჭუჭყიანების წინააღმდეგ არის თანამედროვე მეცნიერების ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანა.



სურ.1

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გარემოს დაცვა ანთროპოგენული ზემოქმედებისაგან, რომელიც დღით-დღე სახიფათო ხასიათს იღებს, ამ ზემოქმედებაში კი ერთ-ერთი ძირითადი როლი უჭირავთ მძიმე ტოქსიკურ ლითონებს, რომლებიც დამლუპველად მოქმედებენ ცოცხალ ორგანიზმებზე. მათი „წყალობით“ მრავალ შეუქცევად დაავადებასთან ერთად ზიანდება ცენტრალური იმუნური სისტემის მარეგულირებელი ორგანო, რომელიც მიმდინარეობს ტყვიის ზემოქმედებით რაც მრავალი მეცნიერული კვლევით არის დაზუსტებული.

ტყვია ინტენსიურად ამეცებს რკინას ორგანული ნერთებიდან, იწვევს ჟანგბადის ნაკლებობას ორგანიზმში, ქვეითდება იმუნური სისტემა, რომელსაც წამყვანი როლი უჭირავს ორგანიზმში შეჭრილი მავნე აგენტის წინააღმდეგ საბრძოლველად.

საქართველოში ეკოლოგიურ პრობლემათა შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გახლავთ მდინარეების დაბინძურება სხვადასხვა დასახელების ობიექტებით, კერძოდ, დაბინძურების ძირითადი წყაროებია: საწარმოო ჩამდინარე წყლები, რომელიც ჩაედინება ქიმიური და ნავთობგადამამუშავებელი, მეტალურგიული და მადანმომპოვებელი საწარმოებიდან, რომელიც ძირითადად დამოკიდებულია საწარმოსა და გადასამუშავებელი ნედლეულის სახეზე, ტექნოლოგიურ პროცესებზე.

საწარმოო ჩამდინარე წყლების შედგენილობა სხვადასხვა საწარმოებში ცხადია სხვადასხვაა და გარდა ტექნოლოგიური დამაბინძურებლებისა შეიცავენ ისეთ სპეციფიკურ მინარევებს, რომელიც ხშირად ხასიათდება მაღალი კონცენტრაციით, ტოქსიკურობით, აგრესიულობით და ა.შ.

მდინარეების დაბინძურების ერთ-ერთი ძირითადი

წყაროა აგრეთვე მეცხოველეობის და მეფრინველეობის კომპლექსები, საიდანაც ხდება მდინარეში ნახშირი წყლების ჩაშვება.

სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაცია, რომელსაც თან სდევს მინერალური სასუქების და ქიმიური საშუალებების გამოყენების განუხრელი ზრდა.

მდინარეების დაბინძურებას ხელს უწყობს თანამედროვე თბოდაატომური ელექტროსადგურები, ხეტყის დაცურება, რადიაქტიული ნარჩენების რაოდენობა, რომელიც დიდ საფრთხეს უქმნის წყლის რესურსებს. აგრეთვე ქიმიური და მეტალურგიული კომბინატები, საიდანაც მდინარეში ხვდება ისეთი სპეციფიკური დამაბინძურებლები, როგორცაა ფენოლები, მძიმე ლითონები. ამის მაგალითად შეგვიძლია დავასახელოთ მდ. მაშვერა, სადაც საგრძნობლად არის გაზრდილი მძიმე ლითონების შემცველობა; მდ. რიონი, რომელიც ბინძურდება (ფოთთან) ფენოლებით, თუთიით, ნავთობპროდუქტებით, შხამქიმიკატებით, ტყვიით, სპილენძით; დაბინძურებულ მდინარეთა რიცხვს ეკუთვნის აგრეთვე მდინარეები: მტკვარი, იორი, ალაზანი, ხრამი და სხვ [1].

საქართველოს მდინარეების დაბინძურების შესახებ გამოქვეყნებულია მრავალი მასალა, მაგრამ არ იქნება შემთხვევითი თუ კონკრეტულად შევხებით მდ. მტკვარს, რომელიც არის დედაქალაქის მთავარი არტერია. იგი თბილისს ყოფს მარჯვენა და მარცხენა სანაპიროებად.

მდინარეს ფართოდ იყენებენ ტექნიკური წყლით უზრუნველსაყოფად, იგი მნიშვნელოვანი ჰიდროენერგეტიკული რესურსია, რომლის მრავალ შენაკადზე აგებულია ჰიდროელექტროსადგურები: ზაჰესი, ორთაჰალჰესი და სხვა. მდინარეში ბინადრობს სხვადასხვა დასახელების თევზი, რომელთა შინაგანი ორგანოების ქსოვილებში, განსაკუთრებით, ქვირითში, ხდება საკვლევ



სურ. 2

ელემენტების დაგროვება (განსაკუთრებით კადმიუმის, რომლის ნახევარდაშლის პერიოდია 30 წ.), რომლებიც იწვევენ მრავალ შეუქცევად დაავადებას და უბადლონი არიან, როგორც კარცენოგენი.

მდ. მტკვარი სხვადასხვა ტერიტორიაზე ბინძურდება სხვადასხვაგვარად. ყველაზე მაღალი დაბინძურებაა მჭიდროდ დასახლებულ ადგილებში, განსაკუთრებით დედაქალაქში, სადაც დამაბინძურებლად გვევლინება

მცირე საწარმოები, ავტომანქანების სამრეცხაოები, რომლებიც განთავსებული არიან სანაპიროზე და პირდაპირ მდ. მტკვარში ჩაედინება მათი საწვავიანი ნარევი წყალი. ასევე რესტორნები, ზოგიერთი საყოფაცხოვრებო ნაგავი, რომელიც პირდაპირ იყრება მდინარეში, ხშირად ჩანს მდინარეზე მოტივტივე ბოთლები, ცელოფნები და სხვ.



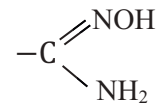


სურ. 3

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, წინამდებარე ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს მძიმე ტოქსიკური ლითონების (Cd, Pb) შემცველობის დადგენა მდ. მტკვარში. აქაც არჩევანი შემთხვევითი არ არის, რადგანაც ისინი ხასიათდებიან მაღალი ტოქსიკური თვისებებით.

მდ. მტკვარში მძიმე ტოქსიკური ლითონების რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრისათვის გამოყენებულია ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრი Analyst200 ალური ატომიზატორით [2]. იმ შემთხვევაში, თუ საკვლევ ობიექტში განსასაზღვრავი ლითონების შემცველობა დაბალია, აუცილებელ სტადიად, რომელიც წინ უსწრებს ატომურ-აბსორბციულ განსაზღვრას, გვევლინება ელემენტების წინასწარი კონცენტრირება. ეს პროცესი კი სრულდება სორბციული მეთოდით [3, 4], იგი საშუალებას იძლევა ჩატარდეს დიდი მოცულობის ხსნარების ანალიზი, რომელიც ამარტივებს ანალიზების სქემებს და აადვილებს სტანდარტიზაციას. არსებული სორბენტების ნაირფეროვნება საშუალებას იძლევა ავირჩიოთ მათგან ყველაზე ეფექტური. არჩევა კი ხორციელდება ძირითადი, აუცილებელი მოთხოვნილებების გათვალისწინებით, კერძოდ, მაღალი სორბციული ტევადობით, კარგი მექანიკური და კინეტიკური თვისებებით, კონცენტრირების შემდეგ ელემენტების განსაზღვრის მეთოდებთან კარგი შეთავსებით.

საკვლევ ობიექტებში Cd, და Pb-ის სორბციული მეთოდის დამუშავებისათვის გამოყენებული იქნა ქელატწარმომქმნელი ბოჰკოვანი სორბენტი ПОЛИОРГС VII M [5], რომელიც დამზადებულია პოლიაკრილიტილის ფუძეზე და შეიცავს ამიდოქსურ ჯგუფებს. სორბენტზე Cd, და Pb-ის ერთდროული გამოყოფა ხდება 98-100 %-ით.



სორბენტი სინთეზირებული და შესწავლილია რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის ვ.ი. ვერნადსკის სახელობის გეოქიმიისა და ანალიზური ქიმიის ინსტიტუტის (ქ. მოსკოვი) ორგანული რეაგენტების ლაბორატორიასა და პეტროგრადის საფეიქრო და მსუბუქი მრეწველობის ინსტიტუტის მიერ. სორბენტი რეკომენდირებულია მძიმე ლითონების კონცენტრირებისათვის ბუნებრივ წყლებში, ნიადაგებში, ატმოსფეროში და სხვ.

მდ. მტკვარზე სინჯების აღების ადგილია: მცხეთა, ძეგვი, ზაჰესი, ზაჰესის ქვემოთ, თბილისი-დიღმის ხიდი, ბარათაშვილის ხიდი, ავტოსადგური. შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

მძიმე ლითონების (Cd, Pb) შემცველობა მდ. მტკვარში

№	წყალპუნქტის ადგილმდებარეობა	მიკროელემენტები მგ/ლ.	
		Cd	Pb
1.	მცხეთა	0,015	0,075
2.	ძეგვი	0,011	0,063
3.	ზაჰესი	0,028	0,077
4.	ზაჰესის ქვემოთ	0,010	0,055
5.	თბილისი დიღმის ხიდი	0,012	0,067
6.	ბარათაშვილის ხიდი	0,050	0,058
7.	ავტოსადგური	0,070	0,097

როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა მდ. მტკვარში Cd, და Pb-ის შემცველობა მნიშვნელოვნად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას [6], რაც გამოწვეულია მდინარის მიმართ მოსახლეობის უდიერად მოპყრობით და ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირებით, რომელიც ატმოსფერული ნალექების საშუალებით ხვდება მდინარეში. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს რომ მდ. მტკვარში ბინადარ თევზს ინტენსიურად იყენებს მოსახლეობა. დაბინძურებულ წყალში დაჭერილი თევზის მოხმარებამ შესაძლებელია გამოიწვიოს მწვავე ინტოქსიკაცია, რაც მკაცრად არის გასათვალისწინებელი.

**ლიტერატურა**

1. ვ. ტრაპაიძე. წყლის რესურსები. თსუ, თბილისი. 2012. 133 გვ.
2. Хавезов И.Х., Цалев Д. Атомно – Абсорбционный анализ. Химия. Л. 1983. 143 с.
3. Мясоедов Г.В., Щербинина Н.И., Саввин С.Б. Сорбционные методы концентрирования микроэлементов при их определения в природных водах. Ж. Аналит.

химии. т. 38, №8. Москва, 1983. с. 1503 – 1504.

4. Мясоедов Г.В., Щербинина Н.И., Сванидзе З.С., Мясоедов Б.Ф. Сорбционные концентрирование и атомно – абсорбционные определения кадмия в минеральных водах. Ж. Аналит. химии. т. 31, Москва, 1986. с. 1209 – 1215.
5. Мясоедов Г.В., Саввин С.Б. Хелатообразующие сорбенты. Наука, Москва, 1984. 173 с.
6. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425 2013 წლის 31 დეკემბერი ქ. თბილისი.

**СВАНИДЗЕ З.  
ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ТЯЖЕЛЫМИ ТОКСИЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ  
В РЕКЕ КУРЕ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье описана оценка уровня загрязнения тяжелыми токсичными металлами в Куре (Cd, Pb). Установлен уровень загрязнения Куры Cd, Pb. Выявлено, что уровень загрязнения указанными элементами относительно высок в городе Тбилиси, где они присутствуют в опасных количествах для живых организмов. Особенно высока концентрация свинца, что в основном обусловлено выхлопными газами автотранспорта, попадающими в реку с атмосферными осадками. В нем обитают разные виды рыб, которые накапливают в тканях своих внутренних органов, особенно в икре, вышеперечисленные элементы, вызывающие многие необратимые заболевания и не имеющие себе равных по канцерогенам. Рыба изучаемой реки интенсивно используется населением. Употребление в пищу рыбы, выловленной в загрязненной реке, может привести к сильной интоксикации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экология; антропогенный; атомно-абсорбентный; хелатообразующий; токсичный.

**SVANIDZE Z.  
EVALUATION OF THE LEVELS OF  
POLLUTION WITH HEAVY  
TOXIC METALS**

**ANNOTATION.** The paper gives the estimation of pollution level with heavy toxic metals in the river Mtkvari (Cd, Pb). Established is pollution level in the river Mtkvari with Cd, Pb. It has been found that the level of pollution with the mentioned elements is relatively high in Tbilisi, where they are present in dangerous numbers for living organisms. The concentration of lead is especially high, which is mainly caused by the exhaust gases emitted by the vehicles that enter the river through atmospheric precipitation. It is inhabited by various species of fish, in the tissues of whose internal organs, especially in the spawn the above elements accumulate, which cause many irreversible diseases and are unmatched as carcinogens. The fish of the studied river is intensively used by the population. Consumption of fish caught in a polluted river can even lead to severe intoxication.

**KEY WORDS:** ecology; anthropogenic; atomic-absorbent; chelating agent; toxic.

UDC 553.075+553.411'435

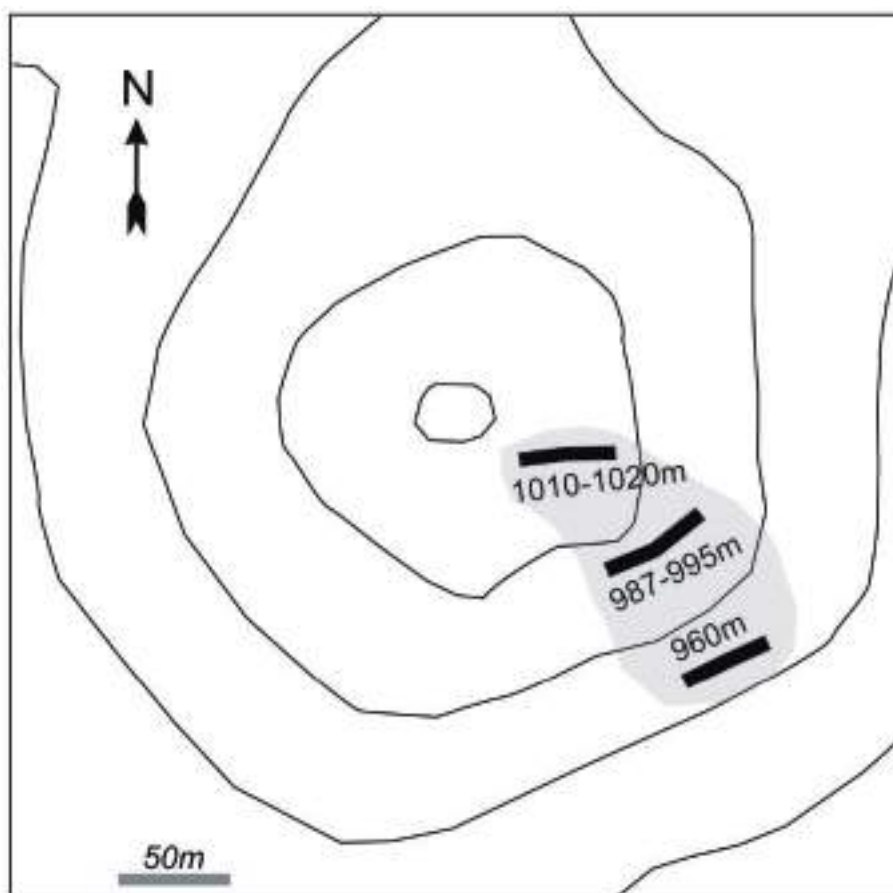
**MIGINEISHVILI R., PH.D.**

**ORE VEINLET SETS AT THE MUSHEVANI-2 GOLD-COPPER DEPOSIT, GEORGIA:  
PRELIMINARY RESULTS**

**ANNOTATION.** *Mushevani-2 gold-copper deposit is the recently discovered mining target in the Bolnisi ore district. This district includes the cluster of Upper Cretaceous subduction-related non-ferrous and precious metal deposits. Field measurements of ore veinlet orientations were carried out at distinct levels of the Mushevani deposit. Plotting of the veinlet normals on Schmidt's equal-area projection revealed four principal sets that are ubiquitous at the deposit.*

**KEY WORDS:** *Artvin-Bolnisi zone; Bolnisi ore district; Lesser Caucasus; Mushevani-2 gold-copper deposit; ore veinlet zone; ore veinlet sets; Schmidt's equal-area projection, stereonet.*

Fractures, as well as mineralized fractures – veinlets themselves, are anisotropic structures. Therefore, where fractures/veinlets have a preferred alignment, they can impart a substantial anisotropy to a rock mass/to a mineral deposit. Besides that, where fractures of varied orientation exist, they can form a well-connected network for fluid flow. The study of these structures has practical applications for the proper selection of a geological exploration system, in the assessment of the ore resources, in geological engineering, in hydrology, etc.



**Fig. 1. Location map of exploration trenches. The shaded area corresponds to a well-exposed part of the Mushevani-2 gold-copper deposit**

This paper presents the preliminary findings of the investigation of geometric characteristics of the ore veinlet network of the Mushevani-2 gold-copper deposit. This deposit is located in the south-eastern part of Georgia in the Bolnisi ore district (the BOD) which belongs to the most important areas of mining activities in Georgia. Mushevani-2, as well as Beqtakari, Bnelikhevi, and Mushevani-3 gold-copper deposits have been recently discovered by the drilling program of LTD Caucasian Mining Group (CMG) [1]. The Rich Metals Group (JSC RMG Copper and LTD RMG Gold) operates in this district at Madneuli, as well as the Sakdrisi deposit to produce the copper concentrate and gold Dore alloys. Ongoing geological exploration for new ore discoveries is in progress.

The BOD is characterized by Hercynian basement, unconformable capped by the Upper Carboniferous molasse, as well as by the Upper Jurassic-Cretaceous arc association [2, 3]. The BOD is situated in the Artvin-Bolnisi zone of the Lesser Caucasus. The last was formed in the framework of south Eurasian active margin,

the evolution of which passed two different stages: (1) Mesozoic subduction of the Neotethys Ocean beneath the Eurasian margin, and (2) Cenozoic collision and post-collision events [4]. Metallogeny of the BOD is specified by Upper Cretaceous subduction-related bimodal volcanism [5]. Several gold-copper epithermal deposits and occurrences are clustered near the Madneuli deposit that is recognized to be hybrid in character and assigned to the VMS-epithermal transition [6,7]. At depth potential porphyry system is supposed [8].

The Mushevani-2 copper-gold epithermal deposit is represented by ore veinlet zones consisting mainly of a quartz-barite-pyrite-chalcopyrite aggregate. Barite occurs at the top of the ore zone. The length of ore veinlets rarely reaches 5 meters and generally does not exceed 1m. Most of veinlets are up to 1sm thick but can be up to 10 sm thick.

The deposit is hosted by Upper Cretaceous felsic volcanoclastic rocks. Hydrothermal Alteration of host rocks typically includes silicification, argilization, and sulfidation.

Table 1

Veinlet sets of the Mushevani-2 gold-copper deposit. The principal sets are highlighted

Reference number of veinlet sets	Dip azimuth and dip of veinlet sets	Reference number of veinlet sets	Dip azimuth and dip of veinlet sets	Reference number of veinlet sets	Dip azimuth and dip of veinlet sets
1.1	170°∠85°	2.1	200°∠80°	3.1	172°∠67°
1.2	125°∠40°	2.2	145°∠65°	3.2	198°∠53°
1.3	80°∠50°	2.3	113°∠60°	3.3	106°∠72°
1.4	30°∠80°	2.4	87°∠70°	3.4	89°∠77°
1.5	235°∠85°	2.5	45°∠75°	3.5	62°∠57°
1.6	250°∠75°	2.6	313°∠34°	3.6	33°∠70°
1.7	265°∠70°	2.7	275°∠30°	3.7	312°∠38°
1.8	285°∠50°	2.8	275°∠65°	3.8	269°∠71°
1.9	305°∠45°	2.9	132°∠37°	3.9	249°∠71°
1.10	260°∠15°	2.10	180°∠64°	3.10	233°∠73°
1.11	310°∠85°	2.11	200°∠61°		
1.12	148°∠17°				
1.13	217°∠74°				

Methods of field investigation include scanline surveys along the three exploration trenches occupying distinct hypsometric levels of (1) 1010-1020m, (2) 987-995m, and (3) 960m (Fig.1). The exploration trenches are located in a well-exposed part of the deposit allowing comparatively long ore veinlets to be traced away from the trenches. Veinlet mapping procedure was conducted to describe their geometrical features, such as orientation, trace length, thickness, shape, and spacing. Measurements of veinlet orientation were carried out by using a compass-inclinometer device. 320 veinlet orientation data were collected.

The ore veinlet orientation data obtained from field measurements were graphically analyzed using Richard W. Allmendinger's software Stereonet v.11 [9, 10].

The poles (i.e. normals) to the veinlet planes have been plotted on Schmidt's equal-area lower hemisphere projection and then statistically analyzed by a fixed counting circle being 1% of the projection area. The contour lines were drawn to join points with the same percentage. The inter-contour zones were shaded to

emphasize sets (i.e. clusters or systems) of subparallel ore veinlets having different concentrations. Several comparatively high concentrated (density > 6%) systems, as well as minor ones (density < 6%) have been identified (Fig.2; Table 1). For each population of ore veinlets measured in different trenches, the stereonet were separately compiled.

Some ore veinlet systems are found in just one or two stereonets, but the following four principal systems are identified in all three stereonets: 1) 1.4, 2.5, 3.6; 2) 1.9, 2.6, 3.7; 3) 1.2, 2.3, 3.3; 4) 1.3; 2.4, 3.4. This means that the veinlets of these systems are ubiquitous at the deposit. Besides that, an analysis of the position of both third and fourth principal systems (Fig.2, Table 1) indicates that a gradual steepening of angles of their inclination takes place from the upper to lower horizons of the deposit.

The following ore veinlet clusters: 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; and 2.5 are creating a girdle-like geometry on the second stereonet (note the dashed arc). The girdle-like geometry is relatively underdeveloped on the other stereonets.

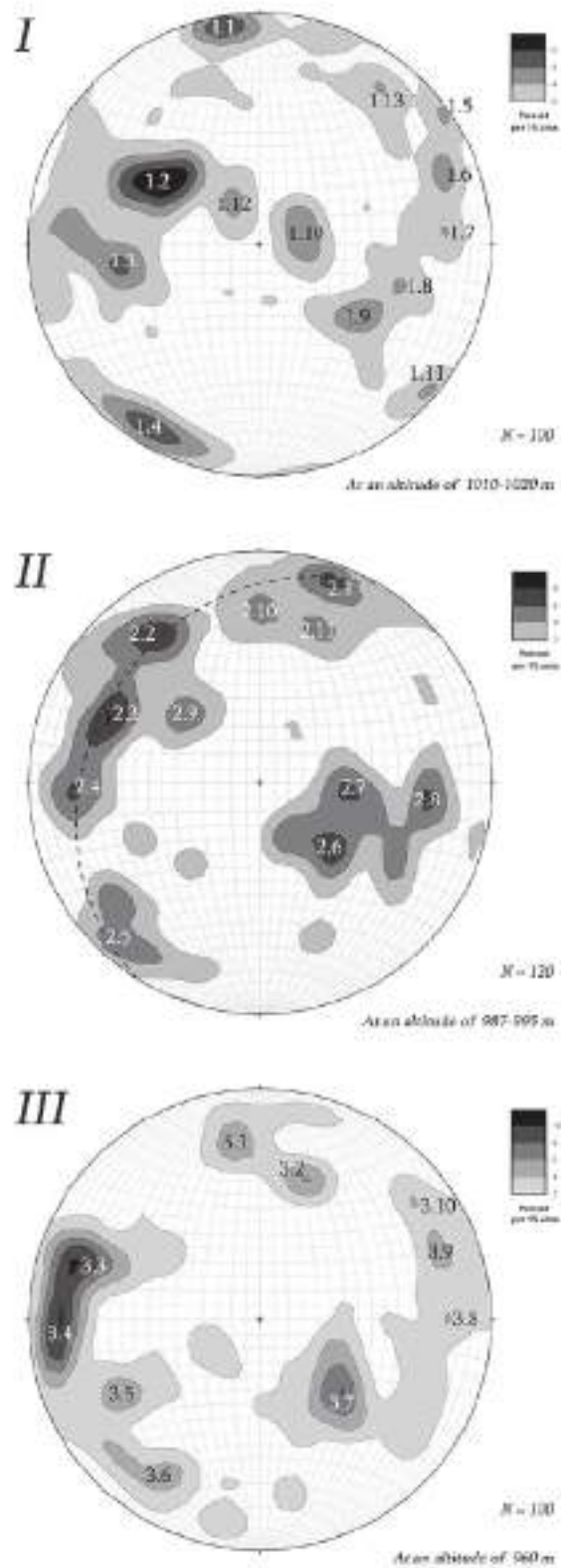


Fig. 2. The lower hemisphere equal-area projections of contoured poles to ore veinlets at the Mushevani-2 gold-copper deposit

## REFERENCES

1. Shubitidze, J., Chokhnelidze, M., Migineishvili, B., Goderdzishvili, N., Adamia, Sh., Gagnidze, M., Efenia, G., Meskhia, A., et. al. Ltd CMG report on the works carried out in 2017 for the study and extraction of minerals (non-ferrous, noble, rare metals and barite) in the territory of Bolnisi, Marneuli, Dmanisi, Tsalka and Tetrtskaro municipalities, 2018. 55p. (in Georgian).
2. Gamkrelidze, I.P., and Shengelia, D.M. The new data about geological structure of the Dzirulla crystalline massif and the conditions of formation of magmatites: Proceedings of the Geological Institute of the Academy of Sciences Georgia, New Series, Vol. 114, 1999. pp. 46-71.
3. Yilmaz, A., Adamia, Sh., Chabukiani, A., Chkhotua, T., Erdogan, K., Tuzcu, S., Karabilykoglu, M. Structural correlation of the southern Transcaucasus (Georgia)-eastern Pontides (Turkey). Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. Geological Society. London, Special Publication. Vol. 173, 2000. pp. 171-182.
4. Adamia, Sh., Zakariadze G., Chkhotua T., Sadradze N., Tsereteli N., Chabukiani A., and Gventsadze A. Geology of the Caucasus: A review: Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 20, 2011. pp. 489-544.
5. Moritz, R., Melkonyan, R., Selby, D., Popkhadze, N., Gugushvili, V., Tayan, R., Ramazanov, V. Metallogeny of the Lesser Caucasus: From arc construction to postcollision evolution. Spec. Pub. Soc. Econ. Geol. Vol. 19, 2016. pp. 157-192.
6. Migineishvili, R.R. Hybrid nature of the Madneuli Cu-Au deposit, Georgia: Geochemistry, mineralogy and petrology: Journal of the Bulgarian Academy of Sciences, Vol. 43, 2005. pp. 128-132.
7. Gialli, S. The controversial polymetallic Madneuli deposit, Bolnisi district, Georgia: Hydrothermal alteration and ore mineralogy: M.Sc. thesis, Switzerland, University of Geneva, 2013. 143 p.
8. Gugushvili, V.I., Apkhazava, M.A., Engin, T., and Yilmaz, A. New type of sulphide ore deposits in subduction zones, in Yilmaz, A., Adamia, S., Engin, T., and Lazarshvili, T., eds., Geological studies of the area along Turkish-Georgian border: Ankara, Turkey, Mineral Research and Exploration Institute (MTA), 2001. pp. 251-271.
9. Allmendinger, R. W., Cardozo, N. C., and Fisher, D. Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors: Cambridge, England, Cambridge University Press, 2021. 289p.
10. Cardozo, N., and Allmendinger, R. W. Spherical projections with OSX Stereonet: Computers & Geosciences, Vol. 51, 2013. pp. 193-205.

## რ. მიგინეიშვილი

**მუშევანი-2 ოქრო-სპილენძის საბადოს მადნიანი მარღვაკების სისტემები, საქართველო: წინასწარი შედეგები**

**ანოტაცია.** მუშევანი-2 ოქრო-სპილენძის საბადოს არის ახალი სამთამადნო ობიექტი ბოლნისის მადნიან რაიონში, სადაც აღინიშნება ზედა ცარცულ სუბდუქციასთან დაკავშირებული ფერადი და ძვირფასი ლითონების საბადოები. მუშევანის-2 საბადოს ცალკეულ ჰიფსომეტრიულ დონეზე ჩატარდა მადნიანი მარღვაკების განლაგების ელემენტების სავსე გაზომვა. მარღვაკების პოლუსების დატანით შმიდტის ტოლფართ ბადეზე გამოვლინდა მარღვაკების ოთხი ძირითადი სისტემა, რომლებიც საბადოს ფარგლებში სარგებლობენ ფართო გავრცელებით.

**საკვანძო სიტყვები:** ართვინ-ბოლნისის ზონა; ბოლნისის მადნიანი რაიონი; მცირე კავკასია; მუშევანი-2 ოქრო-სპილენძის საბადო; მადნიანი მარღვაკების ზონა; მადნიანი მარღვაკების სისტემები; შმიდტის ტოლფართი ბადე; სტერეობადე.

## МИГИНЕИШВИЛИ Р.

**СИСТЕМЫ РУДНЫХ ПРОЖИЛКОВ ЗОЛОТОМЕДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУШЕВАНИ-2, ГРУЗИЯ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

**АННОТАЦИЯ.** Золотомедное месторождение Мушевани-2 является недавно выявленным месторождением в Болнисском рудном районе. Этот район вмещает кластер месторождений цветных и драгоценных металлов, связанных с субдукцией верхнего мела. Полевые измерения ориентировки рудных прожилков проводились на отдельных горизонтах месторождения Мушевани-2. Нанесение нормалей плоскостей рудных прожилков на равноплощадной проекции Шмидта выявило четыре основных систем прожилков, которые широко распространены на месторождении.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Артвин-Болнисская зона; Болнисский рудный район; Малый Кавказ; золотомедное месторождение Мушевани-2; зона рудных прожилков; системы рудных прожилков; равноплощадная сетка Шмидта; стереосетка.

აკად. დოქტორი, ასოც. პროფესორი დ. ბლუაშვილი,  
დოქტორანტი გ. მინდიაშვილი

**გუჯარეთი-წყაროსთავის (ხაჩკოვი) მადნიანი ველის წყვეტილი აშლილობანი,  
გავრცელების მასშტაბები და წარმოშობის პირობები**

*ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია აჭარა-თრიალეთის გუჯარეთი-წყაროსთავის მადნიანი ველის წყვეტილი აშლილობანი, მათი გავრცელების მასშტაბები და წარმოშობის პირობები. გუჯარეთი-წყაროსთავის მადნიანი ველი ტექტონიკურად მეტად გართულებულია. ვხვდებით სხვადასხვა ტიპის დიზუნქტივებს და ნაპრალებს. გაანალიზებულია ნაოჭა ნაგებობების, არჯევან-ბაკურიანის რღვევისა და სხვა გეოლოგიური ელემენტების როლი მადნიანი ველის განაწილებაში, დახასიათებულია მადნიანი სვეტების სტრუქტურები დაკავშირებული მაგმურ წარმონაქნებთან, ნაოჭა ფორმებთან და წყვეტით აშლილობებთან. სტრუქტურები შესწავლილია ძირითადი და სპეციალიზირებული მეთოდებით. გუჯარეთი-წყაროსთავის მადნიანი ველი შესწავლილი იქნა დისტანციური ზონდირების მეთოდით, რის შედეგადაც გამოვლინდა ძირითადი რღვევითი და სტრესული სტრუქტურები, სადაც მადნიანი ველის ჩამოყალიბებისათვის იქმნება საუკეთესო პირობები. კერძოდ, არჯევან-ბაკურიანის რღვევის მიმდებარე ტერიტორია წარმოადგენს გამადნებისათვის ხელსაყრელ პირობებს.*

*საკვანძო სიტყვები: მადნიანი ველი; ნაოჭა სისტემა; რღვევა; სვეტი; წყვეტილი აშლილობები; ნაპრალები.*

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 ტროგის სახით, რომელიც მკვეთრად გამოიყო ადრეულ პალეოგენში.

გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიანი ველი ჩრდილოეთიდან შემოსიასზღვრება არჯევან-ბაკურიანის სუბგანედური რეგიონული შეცოცებით, სამხრეთიდან-ნეოგენ-მეოტხეული ლავებით. დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან კი მადნიანი ველის გავრცელება განისაზღვრება გარდიგარდმო-ახლომერიდიანული მიმართულების რღვევითი სტრუქტურებით და სუბინტრუზიული სხეულების კონცენტრაციის არეალით. მადნიანი ველის ენდოგენური გამადნების სტრუქტურა კონტროლდება არჯევან-ბაკურიანის რეგიონული რღვევით. იგი, ჩვენი აზრით, უნდა წარმოადგენდეს მადანგამანაწილებელ სტრუქტურას და როგორც სხვა მადნეული ველების უამრავ შემთხვევაში, არ შეიცავს გამადნებას. აღნიშნული რღვევითი სტრუქტურა ციკაბოდ ეცემა სამხრეთით და შესხლეტვას უფრო წარმოადგენს, ვიდრე შეცოცებას. მის მიმართ ჩრდილოეთით საგებ გვერდში მდებარე

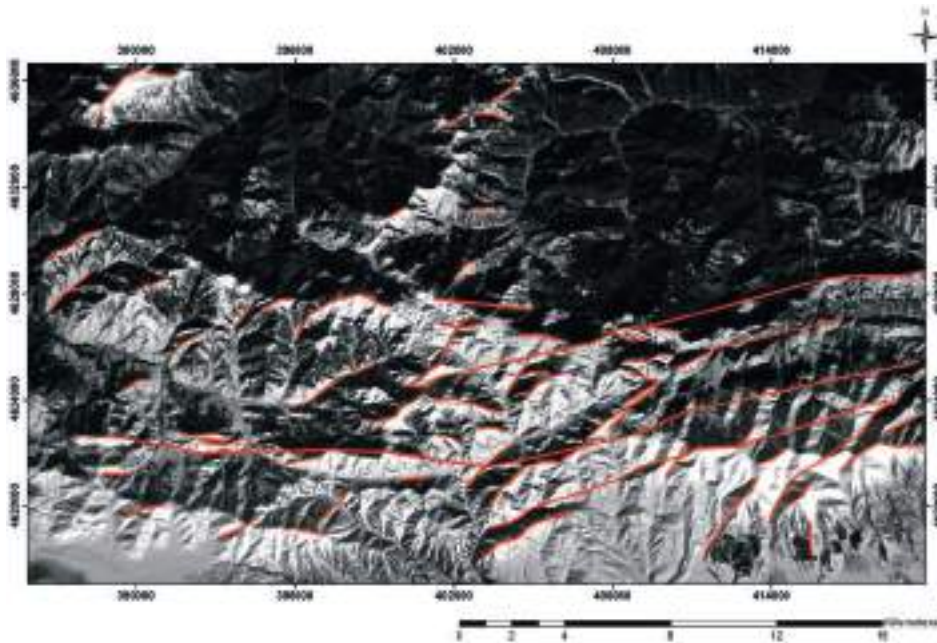
გვიანეოცენურ ტერიგენულ ნალექებზე, სახურავ გვერდში თავზე ადევს შუა ეოცენის ვულკანოგენ-დანალექი ქანები. მადან-შემცველია შუაეოცენური ნორმალური, ნატრიუმის სერიის [5] მძლავრი ვულკანოგენ-დანალექი კომპლექსის ქანები.

გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიანი ველზე გამადნება, წარმოდგენილი 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 ნაპრალოვნების ზონებში [8].

შესასწავლი ტერიტორიის გეოლოგიური ფორმირების, ძარღვული და ნაპრალოვანი ტექტონიკის გაშიფვრის მიზნით შესწავლილ იქნა ძარღვების კავშირი არჯევან-ბაკურიანის რღვევასთან მიმართებაში (ნახ.1). ტერიტორია მნიშვნელოვანადაა დანაწევრებული სხვადასხვა ორიენტაციისა და გავრცელების ძარღვებით, სადაც ჭარბობს ჩრდილო-აღმოსავლური ძარღვები, ისინი გამჭიმავი ნაპრალების მთელი რიგის გაჩენას განაპირობებენ, რომლებიც ართულებს ტერიტორიის გეომორფოლოგიასა და მის მედეგობას ეგზოგენური პროცესებისადმი.

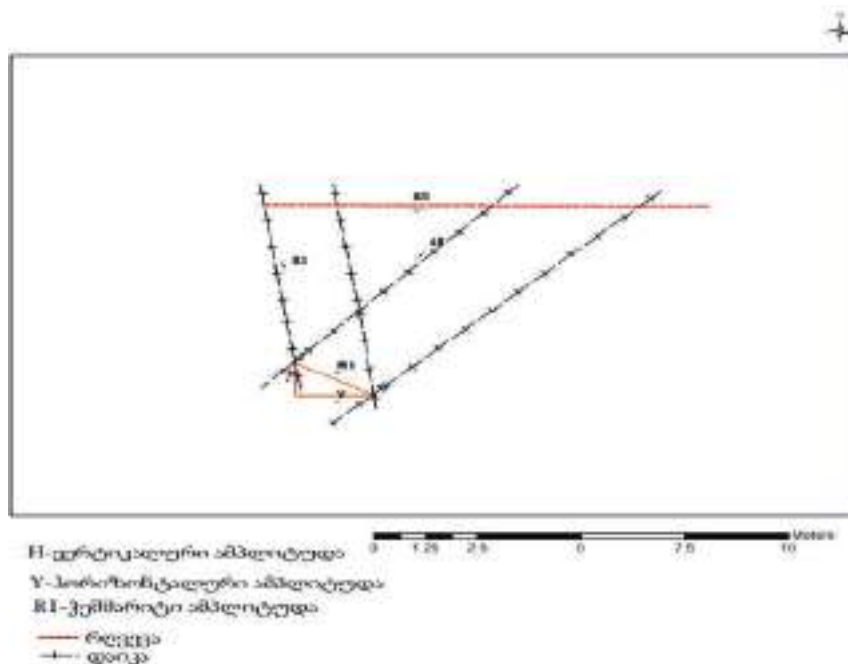
რაც შეეხება არჯევან-ბაკურიანის რეგიონალურ რღვევას, იგი წარმოადგენს რთულ სტრუქტურას. რღვევის სირთულეზე მიუთითებს ის ფაქტი რომ, უშუალოდ მასთან შეუღლებულ სხლეტვის ნაპრალოთა სისტემას, რომლებიც კვარცის ძარღვების მატარებელი არიან, კვეთს დანაოჭების საწყის სტადიაზე წარმოშობილი ნაპრალები, ეს უკანასკნელი კი ოქროს მატარებელია. აქედან გამომდინარე, არჯევან-ბაკურიანის სუბგანედური რეგიონალური რღვევა დანაოჭებამდე არსებობდა 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.

**რღვევის გასწვრივ გადაადგილების ანალიზი** - მადანგამოვლინების ფარგლებში ფიქსირდება რამოდენიმე რღვევითი სტრუქტურა, ჩვენს მიერ განხილულია მხოლოდ ორი ძირითადი დიზუნქტივი, რომელთა ანალიზის საფუძველზე დავადგინეთ მათი მოძრაობის ხასიათი და როლი გამადნებაში. რღვევის გასწვრივ გადაადგილების განსაზღვრა განხორციელდა მახასიათებელი წერტილების საშუალებით, ანუ იმ გეოლოგიური წარმონაქმნებით, რომლებიც რღვევის გაჩენამდე წარმოადგენდნენ ერთ წერტილს. ჩვენს შემთხვევაში ასეთ წერტილებს წარმოადგენს ანდეზიტის დაიკები.



ნახ. 1. დისტანციური ზონდირების მეთოდით გამოვლენილი რღვევითი სტრუქტურები

პირველი რღვევა, რომლის წოლის ელემენტებია დაქანების აზიმუტი  $160^{\circ}$ , დახრის კუთხე  $85^{\circ}$ , წარმოადგენს მადანმომყვან სტრუქტურას. რღვევის გასწვრივ გადაადგილების ანალიზის შედეგად, განისაზღვრა მისი მოძრაობის ხასიათი – ნასხლეტი-მარჯვენა ნაწევი (ნახ. 2).

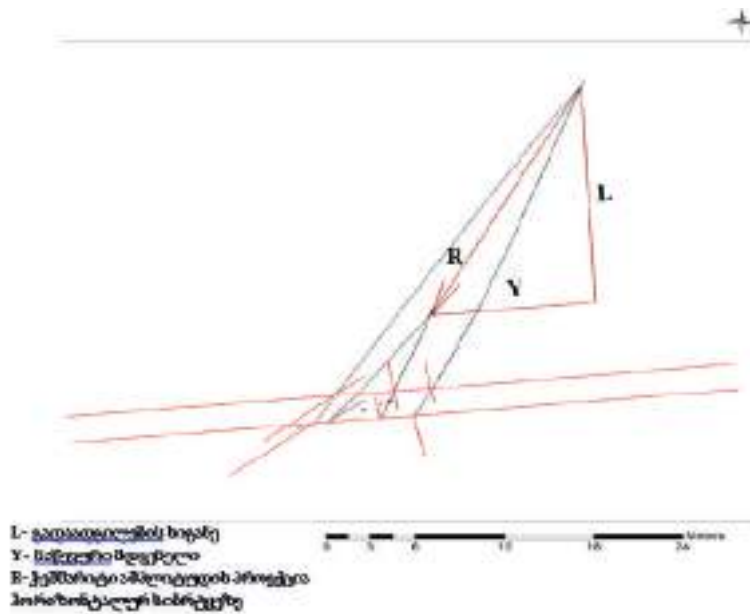


ნახ. 2. გეგმა, რომელიც გამოსახავს გეოლოგიურ სიტუაციას რღვევის მიერ ორი, არაპარალელური გეოლოგიური ელემენტის გადაადგილებისას

ზემოთ ხსენებული რღვევა გენეტურად არის დაკავშირებული დივერგენციასთან, რადგან მის გასწვრივ გადანაცვლებული გეოლოგიური სხეულები ერთმანეთს შორდებიან. მოძრაობის ხასიათით დიზუნქტივი ავლენს რთულ ბუნებას. იგი იშლება, როგორც ნასხლეტურ ასევე ნაწევურ მდგენელებად. რღვევის ვერტიკალური ამპლიტუდა შეადგენს 90 მეტრს, Y-ნაწევური

მდგენელი-142 მეტრს, ხოლო რღვევის ჭეშმარიტი ამპლიტუდა R1 უდრის 170 მეტრს. მეორე რღვევითი სტრუქტურა, რომელიც ცნობილია არჯევან-ბაკურიანის შესხლეტვა-შეცოცების სახელწოდებით, ასევე ავლენს რთულ მოძრაობის ხასიათს (ნახ.3) შესხლეტვა-მარჯვენა ნაწევი. მისი წოლის ელემენტებია: დაქანების აზიმუტი  $340^{\circ}$ , დახრის კუთხე  $40^{\circ}$ .

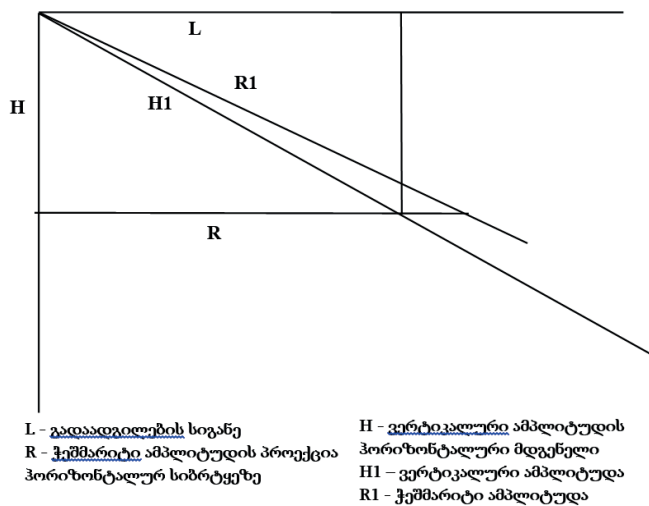




ნახ. 3. დამრეცი რღვევის ანალიზი

მომრაობის ხასიათიდან გამომდინარე არჯევან-ბაკურიანის რეგიონალური რღვევა გენეტურად არის დაკავშირებული ქერქის კონვერგენციასთან. ეს ის შემთხვევაა, როდესაც გეოლოგიური წარმონაქმნების ერთმანეთთან მიახლოება ხდება, თუმცა როგორც

ზემოთ ავღნიშნეთ, ხსენებული დიზუნქტივი შესაძლებელია გეოლოგიურ წარსულში რიფტულ სტრუქტურას წარმოადგენდა. აქედან გამომდინარე, თუ გავითვალისწინებთ მის ამგვარ სირთულეს, რთული იქნება ამ უკანასკნელის გენეზისზე საუბარი.



ნახ. 4. დამხმარე ჭრილი, აგებული R1 ვექტორის დაშლის მიზნით

ქვეშარტი ამპლიტუდის დასადგენად საჭირო გახდა დამხმარე ჭრილის აგება (ნახ. 4). ანალიზის შედეგად დადგინდა ამპლიტუდები: Y-ნაწილობრივი მდგენელი 540 მეტრი, H-ვერტიკალური ამპლიტუდის პროექცია ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე 970 მეტრი, L-გადაადგილების სივანე 950 მეტრი, H1-ვერტიკალური ამპლიტუდა 1460 მეტრი, R- ქვეშარტი ამპლიტუდის პროექცია ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე 1280 მეტრი, R1-რღვევის ქვეშარტი ამპლიტუდა 1540 მეტრი.

რღვევის მომრაობის ხასიათის დადგენით შეიძლება ვთქვათ, რომ, მადანმომყვან სისტემას წარადგენს ნასხლეტური ტიპის, ციგაბო დაქანების რღვევები, ხოლო არჯევან-ბაკურიანის შესხლეტვა-შეცოცება, მასთან შეუღლებული უამრავი ტექტონიკური ნაპრალით ქმნის გამადნების გადანაწილებისათვის ხელსაყრელ პირობებს.

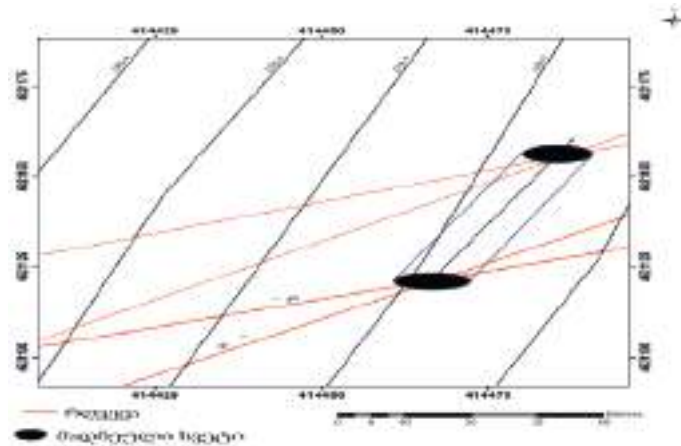
**მადნეული სვეტები**-გუჯარეთი-წყაროსთავის მადნეული ველის ფარგლებში გამოიყოფა სვეტის ფორმის მადნეული სხეულები. აღნიშნულ სვეტებში წინა

მკვლევარები ოქროს ამაღლებულ შემცველობაზე მიუთითებდნენ. ამას ადასტურებს ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგებიც.

არსებული მადნეული სვეტების ჩამოყალიბებაში, წამყვანი როლი უნდა ეთამაშა სტრუქტურულ ფაქტორებს, კერძოდ, მათ გენერაციას ორი სტრუქტურის შეუღლების

უბნებში (ნახ. 5). მადნეული სვეტები პრაქტიკულად გვხვდება ერთგვაროვან ქანებში და მათ სიახლოვეს რაიმე შეცვლა არ შეიმჩნევა.

მადნეული სვეტის დაყვინთვის აზიმუტია ჩრდილო-აღმოსავლური  $35^{\circ}$ , დაყვინთვის კუთხე- $58^{\circ}$  (ნახ. 6)

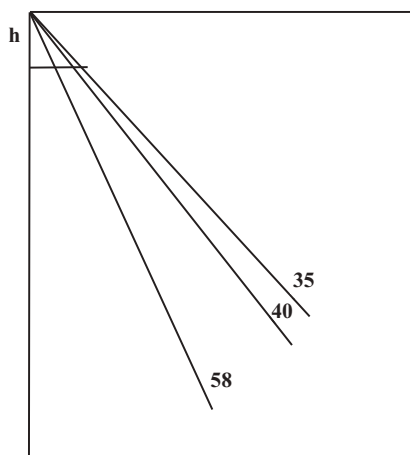


ნახ. 5

მადნეული სვეტის ჩამოყალიბებაში აგრეთვე მნიშვნელოვანი როლი უნდა ეთამაშა ლითოლოგიურ ფაქტორებს, კერძოდ კი, რღვევის ზონაში მძლავრი ტექტონიკური თიხის, როგორც მაკრანირების არსებობას.

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, საკვლევ რაიონში გამოვლენილი მადნეული ფორმაციები ძირითადად ლოკალიზებულია არჯევანი-ბაკურიანის რღვევის მიმ-

დებარე ზოლში, რომელიც აგებულია შუა ეოცენური ნალექებით და დიორიტების უამრავი დაიკებითა და მცირე შტოკური სხეულებით, რომლებიც შეიცავენ ოქროსულფიდურ მარღველ და ჩანაწინწკლ მინერალიზაციას. მათ შორის მოქცეული ფართო ზოლი (15 კმ), წარმოდგენილი ქვედა და შუა ეოცენური ნალექებით, მადნიანობის თვალსაზრისით პრაქტიკულად სტერილურია.



ნახ. 6. მადნეული სვეტის დაყვინთვის კუთხის ასაგები ჭრილი

როგორც ჩანს გუჯარეთი-წყაროსთავის მადნიანი ველი გენეტურად დაკავშირებულია ზედა ეოცენურ-ოლიგოცენური ასაკის კვირანის დიორიტული ინტრუზივის შედარებით გვიანდელ და არა ბოლო ფაზასთან. აღნიშნული ფაზის ჩამოყალიბება მოხდა ქერქის დიფერენცირებული მოძრაობის რეჟიმში.

მადნიანი ველის გამადნების წყარო უნდა იყოს ზემოთ ხსენებული ინტრუზივის შტოკური სხეულები, რომლებიც წარმოდგენილია დიორიტ პორფირიტებით.

თერმობარულმა რეჟიმმა განაპირობა აღნიშნული შტოკის პერიფერიული ნაწილის სასარგებლო კომპონენტებით გამდიდრება. საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ პორფირული შტოკი შემოჭრილია ინტრუზივის პერიფერიულ ნაწილში, რის გამოც პოსტმაგმური ხსნარები მოქმედებდნენ სასარგებლო კომპონენტებით უკვე გამდიდრებულ არეში. მიგვაჩნია, რომ ამ სისტემასთან დაკავშირებულმა ორთომამატურმა და კონვექციურმა ჰიდროთერმულმა ხსნარებმა მოახდინეს

სასარგებლო მეტალების მობილიზაცია. იმისათვის, რომ აღვადგინოთ მაგმური კამერის მოქმედების არე, უნდა გავითვალისწინოთ ეოცენური ნალექების ლითოლოგიური და პეტროფიზიკური მდგომარეობა. თუ გავითვალისწინებთ რაიონის გეოლოგიურ აგებულებას, კერძოდ, მაგმატიზმსა და დიზუნქტიური სტრუქტურების ხასიათს, მადანგამოვლინების ფარგლებში მაგმური სისტემებისთვის იქმნება ხელსაყრელი გარემო, მათი განტვირთვისა და სასარგებლო მინერალიზაციის ჩამოყალიბებისა არჯევან-ბაკურიანის რღვევის მიმდებარე ზოლში. შესაძლებელია მადანწარმოშობაში მონაწილეობას ღებულობდნენ, როგორც მაგმური ჰიდროთერმები, ასევე მეტეორული წყლები. მრავალი მეცნიერი მიიჩნევს, რომ საბადოს წარმოშობისას მონაწილეობას ღებულობს ორივე ტიპის ჰიდროთერმა,

ოღონდ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ადრეულ სტადიაზე ადგილი აქვს მაგმატოგენური ფლუიდების მოქმედებას, ხოლო გვიანდელზე ინტენსიურად მოქმედებს კონვექციური სისტემებიც, რომლებშიც მონაწილეობენ აქტივიზი-რეზული მეტეორული წყლები.

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

### ლიტერატურა

1. Адамия Ш.А. и др. Аджара-Триалетский прогиб и проблема образования глубоководной впадины Черного моря. Геотектоника, Москва, 1974. с. 67-89.
2. Адамия Ш.А. и др. Характерные черты тектоники Кавказа. Кн: Геодинамика Кавказа, Наука, Москва, 1989. с. 3-15.
3. Арвадзе В. Л. и др. Отчет Хачковской геолого-поисковой партии по работам 1967-1970 г.г. Геол. Фонды. Тбилиси, 1971. с. 558.
4. Арвадзе В.Л., Анчабадзе Е.Г. Отчет о результатах поисковых работ в центральной части Аджара-Триалетской складчатой зоны за 1974-76 г.г. Геол. Фонды. Тбилиси, 1977. с. 550.
5. Дзоценидзе Г.С. Домиоценовый вулканизм Гру-

6. ვ. В. Кн: Геология СССР. Груз. ССР, Т.1 Недра, Москва, 1964. с. 38-96.
7. მ. ცხელიშვილი და სხვ. ძებნა შეფასებითი სამუშაოების ჩატარება გუჯარეთი-ხაჩკოვის მადნიანი ველის გუჯარეთის ოქროს მადანგამოვ-ლინებაზე 1985-1992 წლებში, გეოლ. ფონდები. თბილისი, 1992. გვ. 86.
8. ი. ნაროზაული, მ. გაგნიძე. “მამა-გუჯარეთის მადნიანი კვანძის ობიექტების გეოლოგიური მოდელების შემუშავება და სარეკლამო დოკუმენტაციის მომზადება. შესრულებული სამუშაოების ანგარიში. კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი. თბილისი, 2001. გვ. 77.
9. დ. ბლუაშვილი, გ. მინდიაშვილი. გუჯარეთი-წყაროსთავის (ხაჩკოვი) მადნიანი ველის სტრუქტურულ-გეოლოგიური პოზიცია. სამთო ჟურნალი, №1 (43), თბილისი, 2020.

### BLUASHVILI D., MINDIASHVILI G. DISCONTINUITIES, DISTRIBUTION SCALES AND FORMATION CONDITIONS OF GUJARETI-TSKAROSTAVI (KHACHKOV) ORE FIELD

### БЛУАШВИЛИ Д., МИНДИАШВИЛИ Г. РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ ГУДЖАРЕТИ-ЦКАРОСТАВСКОГО (ХАЧКОВИ) РУДНОГО ПОЛЯ, МАСШТАБЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

**ANNOTATION.** Discontinuities, distribution scales and formation conditions of Adjara-Trialeti Gujareti-Tskarostavi ore field are reviewed in the work. Gujareti-Tskarostavi ore field is highly complicated by tectonic viewpoint. Various type disjunctives and fractures are observed. Part of fold structures, Arjevani-Bakuriani fault and other geological elements in distribution of ore field is represented in the article. Characterization of ore column structures has got big part, which is connected to magmatic creatures, fold forms and discontinuities. Basic and specialized methods of studying structures are used in the work. Besides, Gujareti-Tskarostavi ore field was studied by us with distant probing method, resulted of which basic fault and stress structures were revealed, where the best conditions are made for establishment of ore field. In particular, adjacent territory of Arjevani-Bakuriani fault represents convenient conditions for oreing-down.

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрены разрывные нарушения Гуджарети-Цкароставского рудного поля, масштабы их распространения и условия образования. Рудное поле Гуджарети-Цкаростави имеет сложное тектоническое строение - встречаются разнотипные дизъюнктивы и трещины. В статье представлена роль складок, Арджеван-Бакурианского разлома и других геологических элементов в распределении рудного поля. Большое внимание уделяется описанию структур рудных столбов, связанных с магматическими образованиями, складчатыми формами и разрывными нарушениями. В работе использовались основные и специализированные методы изучения структур. Кроме этого рудное поле Гуджарети-Цкаростави нами было изучено методом дистанционного зондирования. В результате были выявлены основные разрывные и стрессовые структуры, где были наилучшие условия для формирования рудного поля. В частности, прилегающая к Арджеван-Бакурианскому разлому территория является благоприятным для оруденения.

**KEY WORDS:** ore field; folded system; fault; faults; cracks.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** рудное поле; складчатая система; разлом; разрывные нарушения; трещины.

აკად. დოქტორი ა. კვიციანი, მაგისტრანტი ა. გურჩიანი, გ. ეფენია

**ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს მადნების ნივთიერი შედგენილობის თავისებურებანი და ოქროს გამადნების ძეზნის მინერალოგიური კრიტერიუმები**

*ანოტაცია. სტატიაში განხილულია ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს მადნების ნივთიერი შედგენილობის თავისებურებანი. აღწერილია ოქროს გამადნების ძეზნის მინერალოგიური კრიტერიუმები ზედაცარცულ ვულკანოგენურ-დანალექ ქანებში. მათი გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოავლინოთ ოქრო-პოლიმეტალური და ოქრო-მცირესულფიდური გამადნების მატარებელი ახალი, პერსპექტიული, უზნები და მოედნები.*

*საკვანძო სიტყვები: საბადო; მადნები; ნივთიერი შედგენილობა; ოქრო; ქალკოპირიტი; გალენიტი; სფალერიტი; ოქროს გამადნება; მინერალოგიური ძეზნის კრიტერიუმები.*

ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალური საბადო განთავსებულია თანამოსახელე მდინარის (მდ. ხრამის მარცხენა შენაკადი) ზემო წელში. აგებულია გასანდამის (კამპანური) წყების რიოდაციტური შედგენილობის ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებით [1] და შედგება სამი უზნისგან: სამხრეთ-აღმოსავლეთი, ჩრდილო-აღმოსავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთი. საბადოზე გვაქვს ორი ტიპის მადნები ოქრო-პოლიმეტალური (სამხრეთ-აღმოსავლეთი უზანი) და ოქრო-მცირე-სულფიდური (ჩრდილო-აღმოსავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთი უზნები). მადნეული სხეულების აგებულებაში მონაწილეობენ მადნეული და არამადნეული მინერალების საკმაოდ დიდი რაოდენობა. მათი ჩამოყალიბების პროცესი დიდი ხნის განმავლობაში მიმდინარეობდა. ადრე გამოყოფილი მინერალური ასოციაციები შემდგომი ტექტონიკური მოძრაობების შედეგად ექვემდებარებოდა: ბრექჩირებას, შეცემენტებას და გადაკვეთებს. რის შედეგადაც მივიღეთ მრავალრიცხოვანი: ბრექჩიული, კოკარდული და გადაკვეთის ტექსტურები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ მათი გამოყოფის თანმიმდევრობა.

საბადოს ფორმირებაში დგინდება მინერალური ასოციაციების წარმოშობის სამი სტადია: 1. კვარც-პირიტული; 2. კვარც-პოლიმეტალურ-პირიტული; 3. კვარც-ოქრო-პირიტული. პირველი სტადიის დროს მიმდინარეობდა კვარც-1-ის და პირიტ-1-ის გამოყოფა. მადანმომიჯნე ქანების გაკვარცება და არგილიზაცია. მეორე სტადიის დროს კი წარმოიქმნა: კვარც-2, გალენიტი, სფალერიტი, ქალკოპირიტი და პირიტ-2. დამორჩილებული რაოდენობით ამ სტადიაზე გამოიყოფოდა: მარმატიტი, კლეოფანი, არგენტიტი, ხალასი ვერცხლი და მელნიკოვიტპირიტი. მესამე

სტადიაზე გამოილექებოდა: კვარცი-3, ოქრო, პირიტი-3, მარკაზიტი, კარბონატები, კალინიტი, დიკიტი, ადულარი, ბარიტი, კინოვარი და ქარსები.

ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალურ საბადოზე გამოვლენილია ჰიპოგენური მადნეული, მარღვული და ჰიპერგენული მინერალთა ასოციაციები.

**ჰიპოგენური მადნეული მინერალები**

ჰიპოგენური მადნეული მინერალებია: პირიტი, მარკაზიტი, მელნიკოვიტ-პირიტი, გალენიტი, სფალერიტი, ქალკოპირიტი, მარმატიტი, კლეოფანი, ოქრო, არგენტიტი, სინგური, ხალასი ვერცხლი

ჰიპოგენური მადნეული მინერალები ქმნის: ჩაწინწკლულ, ჩაწინწკლულ-მარღვაკულ და ფიჭისებრ მინერალიზაციას.

**პირიტი** გვხვდება ყველა ტიპის მადნებში და მადანმომიჯნე ქანებში. მინერალი ხასიათდება მსხვილ და წვრილკრისტალური ქსენომორფული, კუბური, პენტაგონ-დოდეკაედრული, ოქტაედრული ფორმებით და მათი კომბინაციებით. ის გამოიყოფა საბადოს ჩამოყალიბების მთელ პროცესში. დადგენილია პირიტის სამი გენერაცია.

**პირიტ-1-ის** ფორმირება მიმდინარეობდა პირველი გენერაციის კვარცთან და წარმოდგენილია საშუალომარცლოვანი აგრეგატებით, რომელთა ცალკეული ნაწილები კოროდირებულია ან ჩანაცვლებულია კვარცით.

**პირიტი-2** ქმნის წვრილკრისტალურ აგრეგატებს, ბუდეებისა და ჩანაწინწკლების სახით, როგორც მადანმომიჯნე ქანებში ასევე პოლიმეტალურ მარღვებში, მარღვაკულ სხეულებში და სფალერიტის მოზრდილ გამოწყობებში. ხშირია: გალენიტის, სფალერიტის, არგენტიტის, ქალკოპირიტის ჩანართები და შენაზარდები პირიტის კრისტალებზე, რომელთა პერიფერიული ნაწილი ნაწილობრივ კოროდირებულია სფალერიტით. მადანმომიჯნე ქანებში პირიტის კრისტალების ირგვლივ აღინიშნება სფალერიტის წვრილი არშიები და ქანთმაშენი მინერალების ფსევდომორფოზები. კვარცის მარღვაკებისა და მიკრონაპარალების გასწვრივ ლოკალიზებული პირიტის კრისტალებში სფალერიტის არშიები და კოროზიის ნიშნები არ ფიქსირდება, რაც იმაზე უნდა მიუთითებდეს, რომ მათი გამოყოფა ხდებოდა სფალერიტის წარმოქმნის შემდგომად.

**პირიტი-3** ძირითადად გვხვდება წვრილი ქსენომორფული და საშუალოკრისტალური ფორმების სახით მარღვაკულ წარმონაქმნებსა და ოქროსშემცველ

მეტასომეტიკტებში კვარცთან ერთად. კუბური, კუბურ-ოქტაედრული კომბინაციით და პენტაგონ-დოდეკაედრული ფორმებით. ოქროსშემცველ კვარციტებში ბრექჩირებული უბნები შეცემენტებულია კვარცის, პირიტისა და შავი ნივთიერების ნარევით. მიკროსკოპის ქვეშ ნარევი გაჟღენთილია წვრილკრისტალური ქსენომორფული, კუბური, პენტაგონ-დოდეკაედრული და მრგვალი (ფრამბოიდები) ფორმის პირიტის კრისტალებით. ცალკეული კრისტალების წახნაგებზე აღინიშნება ზოლებრიობა (კრისტალთა შენაზარდების ხაზები) და დრუზიკები.

პირიტის ქსენომორფული კრისტალები ძირითადად განლაგებულია მიკრონაპრალების გასწვრივ, ხოლო კუბური და პენტაგონ-დოდეკაედრული - ნაპრალებიდან მოშორებით. ამ უკანასკნელთა უმეტესობა ნაწილობრივ კატაკლაზებულია, გააჩნიათ გრაფიკული სტრუქტურები და სიცარიელები შეესებულია მადანშემცველი მეტასომეტიკტებით. როგორც ჩანს მათი ჩამოყალიბება მიმდინარეობდა გაკვარცებისა და გათიხების პარალელურად.

**მარკაზიტი** პირიტთან ერთად ქმნის ქერცლისებრ დანაგროვებს და კოლომორფულ გამონაყოფებს. კოლომორფული სტრუქტურა გამოწვეული უნდა იყოს მადანშემცველი ქანების სიცარიელებში კოლომორფული ხსნარების მრავალჯერადი პულსაციური გამოლექვით.

**მელნიკოვიტპირიტი** იშვიათად გვხვდება და წარმოდგენილია გლობულისებრი, ღრუბლისებრი ან უფორმო გამონაყოფების სახით. ჰიდროთერმალტებში აღინიშნება ამებისებრი კონცენტრირებული გამონაყოფებიც.

**გალენიტი** სფალერიტთან ერთად ძირითადი მადნეული მინერალია სამხრეთ-აღმოსავლეთ უბანზე, სადაც იგი ქმნის სხვადასხვა სიმძლავრის მარღვებს, მარღვაკებს, წვრილკრისტალურ აგრეგატებს და სხვადასხვა ზომის უჩვეულო ფორმის მასიურ მარცვლოვან გამონაყოფებს. სიცარიელებში იძლევა კარგად განვითარებულ კუბურ, ოქტაედრულ და რომბულ-დოდეკაედრულ კრისტალებს სფალერიტთან, ქალკოპირიტთან და პირიტთან ასოციაციაში. მსხვილ კრისტალებში, მრჩობლის სიბრტყეების გასწვრივ, გალენიტი ჩანაცვლებულია ქალკოპირიტით ან აღინიშნება სფალერიტის და პირიტის კუბური ფორმის კრისტალების ჩანართებიანი ქალკოპირიტის ემულსიური გამონაყოფები.

მიკროსკოპის ქვეშ ნათლად ჩანს: ერთი მიმართულებით წაგრძელებული ამოხვეწის სამკუთხედები, გალენიტის და სფალერიტის ურთიერთკოროდირება, გალენიტის შეჭრა ტექვიადობის გასწვრივ სფალერიტში და პირიტით. მინერალი ხასიათდება კარგად გამოხატული გრაფიკული სტრუქტურით. გრაფიკული სტრუქტურის ხაზები ალაგ-ალაგ დეფორმირებულია გამადნების შემდგომი ტექტონიკური მოძრაობების შედეგად.

**სფალერიტი**, გალენიტთან, ქალკოპირიტთან და პირიტთან ერთად, წარმოადგენს ძირითად მინერალს

პოლიმეტალური და კვარც-პოლიმეტალური მარღვებისა და მარღვაკებისთვის. მინერალში ხშირია: გალენიტის, პირიტის, ქალკოპირიტის, არგენტიტის შენაზარდები და სხვადასხვა ზომის ქალკოპირიტის ემულსიური ჩანართები, გამოწვეული მყარი ხსნარის დაშლის შედეგად.

**მარმატიტი** წარმოადგენს სფალერიტის სახესხვაობას, გამდიდრებულს რკინის შემცველობით. მინერალი ხასიათდება მუქი, თითქმის შავი ფერით და ლოკალიზებულია პოლიმეტალების მარღვების ზალბანდებში, კარგად განვითარებული კრისტალთა დანაგროვების სახით. მიკროსკოპში არ განსხვავდება სფალერიტისაგან და შეიცავს ქალკოპირიტის ემულსიურ გამონაყოფებს.

**კლეოფანი** სფალერიტის მეორე სახესხვაობაა, რომელშიც რკინის შემცველობა პრაქტიკულად არა გვაქვს. სფალერიტის მოზრდილ კრისტალებში ცენტრალურ ნაწილს იკავებს მუქი შავი ფერის მარმატიტი, ხოლო პერიერიულს კლეოფანი. მინერალს გააჩნია მოყვითალო-მომწვანო ფერი.

**ქალკოპირიტი** ძირითადად გვხვდება საბადოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ უბანზე პოლიმეტალებთან და პირიტთან ასოციაციაში. წარმოდგენილია ქსენომორფული კრისტალებით და არგენტიტის, სფალერიტის ჩანართებიანი სხვადასხვა ზომის გამონაყოფებით. კრისტალთა პერიფერიები ჩანაცვლებულია ბორნიტით. მიკროსკოპის ქვეშ მინერალს გააჩნია ყვითელი ფერები.

მოყვანილი ფაქტორები მიგვითითებს, რომ კვარც-პოლიმეტალურ-პირიტული სტადიის მინერალების ფორმირება მიმდინარეობდა ერთდროულად ან დროის ახლო მონაკვეთში.

**ოქრო** წვრილი ჩანაწინწკლების სახით გვხვდება საბადოს სამივე უბანზე. ოქროსშემცველი მადნეული სხეულები იკავებს საბადოს ზედა ჰორიზონტებს, ლოკალიზებულია პოლიმეტალურ მარღვებში, კვარციტებში, არგილიზიტებში და ნაწილობრივ მოიცავს ელუვიურ ნალექებსაც. გვხვდება, როგორც თავისუფალი სახით ასევე წვრილდისპერსიული, მტვერის და სხვა მინერალებთან შენაზარდებით. თვითნაბადო ოქრო ქმნის გუნდისებრ ან გვერდებ მომრგვალებულ, ერთ მხარეს ოდნავ წაგრძელებულ მარცვლებს, ოქტაედრებს (სურ. 1) და დენდრიტებს (სურ. 2).

მიკროსკოპის ქვეშ ოქრო იზოტროპულია, გააჩნია ძლიერ ყვითელი-ოქროსფერი და მაღალი არეკვლის უნარი, ჯვარედინა ნიკოლებში კი ინტენსიურად მუქი, ოდნავ შესამჩნევი მუქი-მომწვანო ელფერით და მიკრონაკაწრებით. როგორც ცნობილია მკვეთრი ყვითელი ფერები დამახასიათებელია მაღალი სინჯის ოქროსთვის. შედარებით მსხვილ მარცვლების ცენტრალურ ნაწილს გააჩნია ინტენსიური ყვითელი ფერი, რომელიც კიდებისაკენ გაბაცდება, რაც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ოქროს სინჯის ცვალებადობით ცენტრიდან პერიფერიისაკენ.



სურ. 2. ოქროს დენდრიტები

ოქროსშემცველ კვარციტებში, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ხშირია დაბრექჩირებული უბნები, შეცემენტებული გვიანდელი კვარციტ და შავი ფერის ნივთიერების ნარევიტ. მიკროსკოპის ქვეშ ეს ნარევიტ რუხი ფერისა, გაჟღენთილია წვრილკრისტალური პირიტის კრისტალებით და ოქროს მტვრით. მოცემული უბნები ყოველთვის ხასიათდება ოქროს სამრეწველო მნიშვნელობის შემცველობით.

**სინგური** იშვიათობაა მოც. საბადოზე და ქმნის მცირე ზომის (1x3 სმ) ლინზისებრ სხეულებს. მინერალის არსებობა მიგვანიშნებს, რომ საბადოს ფორმირება მიმდინარეობდა საკმაოდ დაბალ ტემპერატურაზე, ზედაპირთან ახლოს.

**არგენტიტი** აღინიშნება უსწორმასწორო და ქსენომორფული ერთეული კრისტალების სახით ან შენაზარდებში პირიტთან, ქალკოპირიტთან და, იშვიათად სფალერიტთან.

**ხალასი ვერცხლი** გვხვდება იშვიათად, მადანშემცველ ქანებში წყლის წვეთების მსგავსი გამონაყოფების სახით.

#### ჰიპოგენური მარღველი მინერალები

მარღველი მინერალები: კვარცი, კალციტი, სიდერიტი, ბარიტი, თაბაშირი, ალუნიტი, ამეთვისტო, 1M მოდიფიკაციის ქარსი, ჰიდროქარსი, სერიციტი, დიკიტი, კაოლინიტი, ნონტრონიტი, ადულარი და იაროზიტი

მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მადნეული სხეულების აგებულებაში.

**კვარცი**, როგორც პირიტი, მადანწარმოქმნის ყველა სტადიაზე წარმოიქმნება ინტერმინერალიზებული შესვენებებით ერთმანეთისაგან განცალკევებული. გამოიყოფა სამი სტადიის კვარცი.

**კვარცი-1** წარმოდგენილია წვრილკრისტალური სახესხვაობით და გვხვდება მარღვებისა და მარღვაკების ზალბანდურ ნაწილებში ან ნატეხების სახით უფრო გვიანდელი კვარცის მარღვებში. იგი წარმოქმნილია კვარც-პირიტულ სტადიაზე.

**კვარცი-2** უფრო მსხვილკრისტალურია, შეიცავს: პირიტის, სპილენძის და პოლიმეტალების ჩანაწინწკლებს; თეთრი ფერისაა და წარმოქმნილია კვარც-პოლიმეტალურ-პირიტულ სტადიაზე.

**კვარცი-3** მსხვილკრისტალურია და შეიცავს პირიტის და ოქროსწვრილჩანაწინწკლებს. არის მუქიანნაცრისფერი და წარმოქმნილია კვარც-ოქრო-პირიტულ სტადიაზე. უზნობრივად კვარცი-3 პირიტთან ერთად აცემენტებს კვარციტების დაბრექირებულ უბნებს. მიკროსკოპის ქვეშ აღინიშნება კოლომორფული სტრუქტურის მქონე უბნები, როგორც ჩანს ოქროსმატარებელი ხსნარები გარკვეულ პერიოდებში განიცდიდა დაბერებას და გადადიოდა კოლოიდურ მდგომარეობაში. გარდა აღწერილი კვარცებისა, საბადოს ფარგლებში, გვხვდება წვრილკრისტალური წყლისებრ გამჭირვალე კვარცის მარღვაკები, რომლებიც კვეთს როგორც მადნეულ მინერალებს, ასევე სამივე გენერაციის კვარცსაც.

**კალციტი** ქმნის მცირე ზომის (1-3 სმ) მარღვაკებს პირიტის და ქალკოპირიტის წვრილი ჩანაწინწკლებით და იშვიათი კავერნებით (ყვოდებით), რომელთა კედლები დაფარულია კარგად განვითარებული კალციტის წვრილი დრუზიკებით.

**სიდერიტი** მცირე სიმძლავრის (1-3 სმ) მორუხო ფერის მარღვაკებითაა წარმოდგენილი მადნეულ სხეულებსა და ჰიდროთერმალიტებში.

**ზარიტი** კვარცთან ერთად იძლევა 5-10 სმ სიმძლავრის მარღვაკებსა და გამოწყობებს. მოგრძო ფორმის ფურცლისებრი და ჩხირისებრი ფორმა გააჩნიათ კრისტალებს, რომლებიც ქმნიან გადახლართულ გადმოხლართულ სტრუქტურებს.

**თაზაშირი** ძირითადად გვხვდება საბადოს ღრმა ჰორიზონტებზე არგილიზიტებში მარღვაკებისა და ცალკეული მოთეთრო-ნაცრისფერი გამჭვირვალე კრისტალების სახით. შეიცავს პოლიმეტალების წვრილ ჩანაწინწკლებს და, როგორც ჩანს, ჩამოყალიბებულია კვარც-პოლიმეტალურ-პირიტულ სტადიაზე.

**ალუნიტი** გვხვდება ოქროს შემცველ მეორად კვარციტებში მცირე სიმძლავრის და გამწეობის მარღვაკების ან ლინზებრი სხეულების სახით. მინერალი მოყვითალო-მომწვანო ფერისაა, ფარულკრისტალური, შეხებისას ოდნავ ცხიმოვანი. ალუნიტიანი უბნები ხასიათდება ოქროს სამრეწველო მნიშვნელობის შემცველობით.

**ამეთვისტო** გვხვდება სამხრეთ-აღმისავლეთ უბანზე და ლოკალიზებულია პოლიმეტალური მარღვებისა და მარღვაკების ზალბანდურ ნაწილებში დამსხვრეული და დანაპარლიანებული აგრეგატების სახით. გა-

აჩნია სასიამოვნო იისფერი; კრისტალები კარგად განვითარებულია, ახალ მონატეხზე სუსტად ცხიმოვანი.

**1M მოდიფიკაციის ქარსი და ჰიდროქარსი** ფიქსირდება მადანმომიჯნე არგილიზიტებში, ქერცლისებრი და წვრილქერცლოვანი დანაგროვებების სახით. მიკროსკოპულად და რენდგენოსტრუქტურულად კარგად დიაგნოსტირდება.

**დიკიტი, კოლინიტი** ლოკალიზებულია საბადოს სამივე უბანზე სხვადასხვა სიმძლავრის მარღვებისა და უწყისო ფორმის ლინზისებრი დანაგროვებების და ბუდეების სახით. მინერალები ხასიათდება თეთრი ან მოთეთრო-მოცისფრო ფერებით. თითქმის გასრევისას სუსტად ცხიმოვანი, საპნისებრია. მიკროსკოპულად აგრეგატები აგებულია კარგად განვითარებული ქერცლებისაგან. ქერცლების ჩაქრობის კუთხე უახლოვდება ვერტიკალურს, დადებითი წარგმელებით, კარგად გამოხატული ორმაგი გარდატეხით. ოპტიკურად-ორღერმიანი.

**სერიციტი** აღინიშნება როგორც კვარციტებში, ასევე არგილიზიტებში, წვრილქერცლოვანი არათანაბრად განაწილებული დანაგროვებებისა და ქერცლების სახით. მიკროსკოპის ქვეშ კარგად დიაგნოსტირდება თავისი ინტერფერენციული ფერებითა და ოპტიკური თვისებებით. სერიციტიზებული კვარციტები ყოველთვის ოქროს ამალელებული შემცველობით ხასიათდება.

**ნონტრონიტი** მიეკუთვნება მონტმორილონიტის ჯგუფის თიხის მინერალებს და ლოკალიზებულია არგილიზიტებში. ხასიათდება ძლიერი გაფუფით და შთანთქმის უნარით, რაც ართულებს არგილიზიტების კონცენტრაციიდან ოქროს ამოკრეფის პროცესს და შესაბამისად საჭირო ხდება ოქროს ამოღების სპეციალური ტექნოლოგიის შემუშავება [2].

**ადულარი** გვხვდება ოქროსშემცველ კვარციტებში წყლისებრ გამჭირვალე რომბული კრისტალების სახით, რაც მისი უტყუარი დიაგნოსტიკის საშუალებას იძლევა. კვარცთან ერთად მინერალი ქმნის 1-5 სმ სიმძლავრის მარღვაკებს. კვარც-ადულარიანი კვარციტები ყოველთვის ხასიათდება ოქროს მაღალი შემცველობით.

**იაროზიტი** ფიქსირდება კვარციტებში და წარმოდგენილია მორუხო-მოყვითალო ფერის მიწისებრი დანაგროვების, ქერქების, წანაცხებების, ფსევდოკუბური, ფურცლოვანი კრისტალების, 1-2 მმ სიმძლავრის მარღვაკების ან იმავე სიმძლავრის ზოლების სახით კვარცი-3-ის მარღვაკების ზალბანდებში. ყოველივე ეს გვაფიქრებინებს მინერალის ჰიპოგენურ გენეზისზე. იაროზიტის კვარციტები ხასიათდება ოქროს მომატებული შემცველობით.

### ჰიპერგენული მინერალები

ჰიპერგენული მინერალები საბადოს ფარგლებში წარმოდგენილია: რკინის ჟანგებით, ანგლეზიტით ცერუსიტით, სმიტსონიტით, ბორნიტით, კოველინით, ქალკოზინით, ხალასი სპილენძით, მალაქიტით და აზურიტით. საბადოს ფარგლებში დაფიქსირებულია მეორადი, იშვიათი, მინერალი **კორკიტი**, რომელიც კარგად დიაგნოსტირდება რენდგენოსტრუქტურულად და გვხვდება ამეთვისტოს მარღვების ზალბანდებში და

გალენიტის კრისტალებზე. ხასიათდება მოყვითალო-გოგირდის ფერებით, ქმნის მიწისებრ გამონაყოფებს, ქერქებს და ლაქებს.

**დასკვნა**

ოქროს გამადნების მინერალოგიურ ძებნის კრიტერიუმად ზედაცარცულ ვულკანოგენურ-დანალექ ქანებში შეიძლება გამოვიყენოთ: დაბრექჩირებული უბნები შეცემენტებული კვარცის და შავი ფერის ნივთიერების ნარევით, იარიზიტის, ალუნიტის, კვარც-ადულარიანი და კვარც-სერიციტის კვარციტების ფაციესები.

**KVITSIANI A., GURCHIANI A., EFENIA G.  
PECULIARITIES OF THE SUBSTANCE  
COMPOSITION OF THE ORES  
OF BNELIKHEVI GOLD-POLYMETALLIC DE-  
POSIT AND MINERALOGICAL CRITERIA OF  
EXPLORATION  
OF A GOLD DEPOSIT**

**ANNOTATION.** This article considers the peculiarities of the substance composition of the ores of Bnelikhevi gold-polymetallic deposit and describes the mineralogical criteria of the exploration of a gold deposit in Upper Cretaceous volcanogenic-sedimentary rocks. Their use makes it possible to open new, promising gold-polymetallic and gold-sulphide ore-bearing areas and grounds.

**KEY WORDS:** deposit; ores; substance composition; gold; chalcopyrite; galena; sphalerite; gold ore; mineralogical exploration criteria.

**ლიტერატურა**

1. აკვიციანი. ბნელიხევის ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს გეოლოგიური აგებულება და გენეზისის ზოგიერთი საკითხები. სამთო ჟურნალი, №1(38), თბილისი, 2017. გვ. 53-55.
2. Арабаева Г.А., Гризунова З.М., Стунакова Н.В., Гусейнова Т.А., Казначеева Л.Н. Отчет. Изучение обогатимости малосульфидной медной руды Маднеульской группы месторождений (Грузия). Усть-Каменогорск, 2017. 158 с.

**КВИЦИАНИ А., ГУРЧИАНИ А., ЕФЕНИЯ Г.  
ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО  
СОСТАВА РУД ЗОЛОТО-  
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ БНЕЛИХЕВИ И  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОИСКА  
ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрены особенности вещественного состава руд золото-полиметаллического месторождения Бнелихеви. Описаны минералогические критерии поиска золотого оруденения в верхнемеловых вулканогенно-осадочных породах. Их использование дает возможность выявить новые, перспективные участки и площади с золото-полиметаллическим и золото-малосульфидным оруденением.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** месторождение; руды; вещественный состав; золото; халькопирит; галенит; сфалерит; критерии минералогического поиска.





შაპარი არკადი გრიგორის ძე  
 ШАПАР АРКАДІЙ ГРИГОРОВИЧ  
 SHAPAR ARKADII

2021 წლის 24 ივლისს, 85 წლის ასაკში გარდაიცვალა გამოჩენილი მეცნიერი-ეკოლოგი, უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ბუნებრივი რესურსების გამოყენების პრობლემებისა და ეკოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი, უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ კორესპონდენტი არკადი გრიგორის ძე შაპარი.

არკადი გრიგორის ძე დაიბადა 1936 წლის 5 სექტემბერს დნეპროპეტროვსკის ოლქის ქალაქ ინგულევში. დაამთავრა ნოვოჩერკასკის პოლიტექნიკური ინსტიტუტი, სპეციალობით „სამარკშიდერო საქმე“.

ასპირანტურის დამთავრების შემდეგ დაიცვა საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები სპეციალობით: „სასარგებლო წიაღისეულის საბადოთა ღია დამუშავება“ და მიიღო „პროფესორი“-ს სამეცნიერო წოდება.

არკადი გრიგორის ძე შაპარი იყო სამთო საქმის სპეციალისტი, ასევე ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების, ეკომონიტორინგის, ტექნოგენური უსაფრთხოების სპეციალისტი. მან წარმოადგინა სამთო მასივთა ქანების გრავიტაციული განკერძოებისა და კონკრეტული მიმართულებით გადაადგილების ხერხები.

მისი სამეცნიერო ხელმძღვანელობით შეიქმნა უკრაინის მდგრად განვითარებაზე გადასვლის კონცეფცია, შეიმუშავა რეგიონში ურანის ნედლეულის მოპოვებისა და პირველადი გადამუშავების მდგრადი განვითარების სახელმწიფო პროგრამა.

არკადი გრიგორის ძე შაპარი იყო უკრაინის მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებული მოღვაწე, უკრაინის სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში, ო.მ.დინნიკის სახ. პრემიის ლაურეატი, სხვადასხვა საზოგადოებრივი აკადემიების ნამდვილი წევრი.

მის მეცნიერულ მემკვიდრეობას შეადგენს 400-ზე მეტი სამეცნიერო შრომა, მათ შორის 37 მონოგრაფია.

გ. წულუკიძის სახ. სამთო ინსტიტუტის კოლექტივი ღრმა მწუხარებას გამოთქვამს ცნობილი მეცნიერ-ეკოლოგის, უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ბუნებრივი რესურსების გამოყენების პრობლემებისა და ეკოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორის, უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ კორესპონდენტის, პროფესორ არკადი გრიგორის ძე შაპარის გარდაცვალების გამო.

ვიზიარებთ ახლობლებისა და ნათესავების, უკრაინის სამეცნიერო საზოგადოების და კოლეგების ღრმა მწუხარებას მისი გარდაცვალების გამო.

ჩვენი კოლეგის, შესანიშნავი მეცნიერისა და ადამიანის, საქართველოს დიდი მეგობრის ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება ჩვენს გულეში.

საქართველოს სამთო საზოგადოების პრეზიდიუმი,  
 გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი,  
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
 სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი,  
 „სამთო ჟურნალის“ სარედაქციო კოლეგია

24 липня 2021 року на 85-му році пішов з життя відомий вчений-еколог, директор Інституту проблем природокористування та екології НАН України член-кореспондент НАН України Шапар Аркадій Григорович.

Аркадій Григорович народився 5 вересня 1936 р. в місті Інгулець Дніпропетровської області. Закінчив Новочеркаський політехнічний інститут за фахом «маркшейдерська справа».

Після закінчення аспірантури захистив кандидатську і докторську дисертації за спеціальністю «відкрита розробка родовищ корисних копалин», отримав вчене звання «професор».

Аркадій Григорович Шапар був фахівцем у галузі гірничої справи, раціонального природокористування, екомоніторингу, техногенної безпеки. Він запропонував способи гравітаційного відокремлення порід гірничих масивів та їх переміщення у заданому напрямі.

За наукового керівництва вченого створено Концепцію переходу України до сталого розвитку, підготовлено проект Державної програми забезпечення сталого розвитку регіону видобування і первинної переробки уранової сировини.

Аркадій Григорович Шапар – Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки та премії ім. О.М. Динника, дійсний член багатьох громадських академій.

Науковий доробок вченого становить понад 400 наукових праць, серед яких 37 монографій.

Колектив Гірського інституту ім. Г.А. Цулукидзе глибоко сумує з приводу смерті відомого вченого-еколога, директора Інституту проблем природокористування та екології НАН України, члена-кореспондента НАН України, професора Шапаря Аркадія Григоровича.

Висловлюємо глибокі співчуття його рідним та близьким, колегам та вченій спільноті України.

Світла пам'ять про цю чудову людину і вченого, нашого колегу і справжнього друга, великого друга Грузії назавжди збережеться в наших серцях.

Президія Грузинського гірничого товариства,  
Г. Цулукидзе Гірський інститут,  
Грузинський технічний університет, гірничо-геологічний факультет,  
Редакція журналу “Гірський журнал”



მიხეილ გამცემლიძე  
 MIKHEIL GAMTSEMLIDZE  
 МИХЕИЛ ГАМЦЕМЛИДЗЕ

საქართველოს სამთო საზოგადოება, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი, გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის დირექცია და ინსტიტუტის თანამშრომლები ღრმა მწუხარებით იუწყებიან, რომ ხანგრძლივი, მძიმე ავადმყოფობის შემდეგ გარდაიცვალა სამთო ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, აკადემიური დოქტორი მიხეილ გამცემლიძე.

ბატონი მიხეილი დაიბადა 1940 წლის 27 მარტს, ქ. ჭიათურაში, მოსამსახურის ოჯახში. 1958 წელს დაამთავრა ქ. ჭიათურის მეორე საშუალო სკოლა. სკოლის დამთავრების შემდეგ სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტის (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი) სამთო-გეოლოგიურ ფაკულტეტზე, რომელიც დაამთავრა 1963 წელს, მარგი წიაღისეულის გამდიდრების სპეციალობით.

1963 წელს მუშაობა დაიწყო ქ. ჭიათურაში ვ.ი.ლენინის სახ. მაღართა სამმართველო „ც.გ.ფ.“-ში ცვლის უფროსად. 1964 წელს კი ქ. თბილისის „საქგაპროშახტი“-ს სამთო განყოფილებაში, სადაც მუშაობდა 1966 წლამდე.

1966 წლიდან მუშაობა დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამთო საქმის ინსტიტუტში უმცრ. მეცნიერ თანამშრომლად. სიცოცხლის ბოლომდე მუშაობდა გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტში, სხვადასხვა პერიოდში უფროს, წამყვან და მთავარ მეცნიერ თანამშრომლად.

ბატონ მიხეილს 1976 წელს მიენიჭა აკად. დოქტორის წოდება სპეციალობით: „ავტომატური მართვა და რეგულირება სამთო მრეწველობაში“.

55 წლის განმავლობაში ბატონი მიხეილი მუშაობდა მარგი წიაღისეულის გამდიდრების სფეროში. უახლოეს წარსულში მისი მონაწილეობით (უმეტეს შემთხვევაში ხელმძღვანელობით) ჩატარებული სამუშაოები ძირითადად მიეკუთვნებოდა დალექვის, ფლოტაციის, მძიმე სუსპენზიაში მადნების გამდიდრების კვლევებს, ასევე, პროცესების შესწავლას ავტომატიზაციის თვალსაზრისით. მისი ხელმძღვანელობით აგებულია ორიგინალური მართვის ხერხები; პროცესებში მონაწილე შემაშფოთებელი და რეჟიმული სიდიდეების შესაფასებლად დამუშავებული აქვს ორიგინალური გამზომი მოწყობილობები, როგორცაა პულპის სიმკვრივის და მასში თიხოვანი მასალის რაოდენობის გამზომი, დალექვის პროცესში საგების და განსაშრეველი მასალის გაფხვიერებადობის, ფლოტაციის პროცესში ქაფში მინერალიზაციის რაოდენობის შესაფასებელი. აღსანიშნავია ისიც, რომ მისი მონაწილეობით, მომზადებული ესკიზების საფუძველზე, ნოვოსიბირსკის სამთო-მამდიდრებელი მოწყობილობების სპეციალურ საკონსტრუქტორო ბიუროში დამუშავებული იქნა პროექტი - სალექი მანქანის წყლის რხევის ამპლიტუდის რეგულირების მექანიზმი, პროცესის გაუჩერებლად.

გამდიდრების პროცესებთან დაკავშირებით გამოქვეყნებული აქვს 100-მდე ნაშრომი, მათგან 30-მდე საავტორო უფლება გამოგონებაზე. მონაწილეობა აქვს მიღებული ადგილობრივ და საერთაშორისო კონფერენციებში. ბოლო 12 წლის განმავლობაში მონაწილეობდა შოთა რუსთაველის ფონდის მიერ დაფინანსებულ ოთხ ფუნდამენტალურ საგრანტო პროექტში. მათგან სამ გრანტში იყო სამეცნიერო ხელმძღვანელი.

ბატონი მიხეილი წლების მანძილზე ეწეოდა პედაგოგიურ მოღვაწეობას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრების მიმართულებით.

გარდა ამისა, ბატონი მიხეილი მუდმივად აქტიურად მონაწილეობდა ინსტიტუტის საბიუჯეტო პროექტების შესრულებაში. მას სიცოცხლის ბოლომდე არ მიუტოვებია საყვარელი საქმე. იყო შრომისმოყვარე და თავისი საქმის ჩინებული მცოდნე მეცნიერი.

ბატონი მიხეილის ხსოვნა მარად დარჩება მისი კოლეგებისა და მეგობრების მეხსიერებაში.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის  
 დირექცია და თანამშრომლები,  
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
 სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლები,  
 „სამთო ჟურნალის“ რედაქცია



გოდერძი ტაბატაძე  
 ГОДЕРДЗИ ТАБАТАДЗЕ  
 GODERDZI TABATADZE

ქართულ მეცნიერებას, საქართველოს სამთო-გეოლოგთა და საინჟინრო-ეკონომისტთა საზოგადოებას, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ-მასწავლებელთა რიგებს სულ ახლახანს გამოაკლდა ერთ-ერთი ღვაწლმოსილი წარმომადგენელი და ღირსეული პიროვნება, ახალგაზრდა მკვლევართა და სპეციალისტთა მრავალი თაობის ღირსეული აღმზრდელი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დამსახურებული პროფესორი გოდერძი ტაბატაძე.

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-საკვლევო 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 ეწეოდა პედაგოგიურ საქმიანობას და ღირსეულად ემსახურებოდა მაღალი კვალიფიკაციის საინჟინრო-ეკონომიკური მიმართულების კადრების მომზადებას. 1991 წლიდან გარდაცვალებამდე მუშაობდა 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 კითხულობდა ლექციების კურსს საწარმოთა ეკონომიკასა

და მენეჯმენტში. წლების განმავლობაში იყო ფაკულტეტის სამეცნიერო და სადისერტაციო საბჭოს წევრი, სამთო საქმისა და გეოლოგიის მენეჯმენტის სადოქტორო პროგრამის ხელმძღვანელი და ამავე, 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 და, ამ პერიოდიდან ბატონი გოდერძი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სასწავლო-სამეცნიერო საქმიანობას ემერიტუსის სტატუსით წარმართავდა ჩვეული შემართებით და თავდადებას განაგრძობდა პედაგოგიურ საქმიანობას. მისი ხელმძღვანელობით მომზადებული და დაცული იქნა მრავალი სადოქტორო და სამაგისტრო ნაშრომი. მის მიერ აღზრდილი თაობებიდან მრავალი ცნობილი მეცნიერი და სპეციალისტია.

გ. ტაბატაძეს გამოქვეყნებული ჰქონდა 100-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, რომელთა შორისაა სამეცნიერო სტატიები, სახელმძღვანელოები და სხვა. მისი სამეცნიერო მოღვაწეობის ძირითადი თემატიკა იყო ეკონომიკისა და მენეჯმენტის პრობლემები სამთო საქმისა და გეოლოგიის, ნავთობისა და გაზის დარგში. იყო სამეცნიერო ჟურნალ „საქართველოს ნავთობისა და გაზის“ მთავარი რედაქტორის მოადგილე, სარედაქციო კოლეგიის წევრი, მრავალი ადგილობრივი და საერთაშორისო სემინარისა და კონფერენციის აქტიური მონაწილე.

განსაკუთრებით საგულისხმო და აღსანიშნავია ბატონ გ. ტაბატაძის ადამიანური და საქმიანი თვისებებიდან 2 პატიოსნება, შრომისმოყვარეობა, პასუხისმგებლობა, ფართო ერუდიცია, პროფესიონალიზმი, ღრმად განსწავლულობა, მეგობრობა, პატრიოტიზმი, რითაც დიდი სიყვარული და პატივისცემა მოიპოვა კოლეგებსა და ახალგაზრდა თაობებს შორის. ამასთან, ბატონი გოდერძი იყო შესანიშნავი ოჯახის მზრუნველი მეუღლე, მამა, ბაბუა, რომელსაც არაჩვეულებრივად გამორჩეული ოჯახი დარჩა; კეთილშობილი და სათნო მეუღლე ქალბატონი ნანა, ვაჟიშვილი ბექა, რძალი ნატა, შვილიშვილები ალექსანდრე და მარიამი, რომლებიც განსაკუთრებული სიყვარულით უფრთხილდებიან და სათუთად ინახავენ ბატონი გოდერძის როგორც გამორჩეული პიროვნების ნათელ ხსოვნას. აღსანიშნავია, რომ შვილი ბექა წარმატებულად საქმიანობს პროფესიულ ასპარეზზე 2 ნავთობისა და გაზის სახელმწიფო სააგენტოში.

ბატონი გოდერძი ყოველივე სხვა სიკეთესთან ერთად დაჯილდოებული იყო, აგრეთვე ხელოვნების ნიჭით, საუკეთესოდ მღეროდა ქართულ ხალხურ სიმღერებს და წერდა ლექსებს, რითაც დიდ სიამოვნებას გვრიდა მის კოლეგებს, მეგობრებსა და ახლობლებს.

ბატონი გოდერძის როგორც სიკეთით სავსე პიროვნების სახელი, რომელმაც თავისი მაღალი ადამიანური თვისებებით და უანგარო პროფესიონალური საქმიანობით ნათელი ხსოვნა დატოვა, სამუდამოდ დარჩება მრავალრიცხოვანი მოწაფეების, კოლეგებისა და ახლობლების გულებში, რომლებიც დიდი პატივისცემით იგონებენ მას.

ღმერთმა ნათელი და სასუფეველი დაუმკვიდროს, იქ სადაც მართალნი განისვენებენ, კეთილშობილი მამულიშვილის, ღვთისმოსავი და ღირსეული პიროვნების, ბატონ გოდერძის უკვდავ სულს!

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის და  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლები  
ჟურნალების „სამთო ჟურნალი“ და „საქართველოს ნავთობი და გაზი“  
სარედაქციო კოლეგიები



ფელიქს ბეჟანოვი  
 ФЕЛИКС БЕЖАНОВ  
 FELIKS BEZHANOV

საქართველოს სამთო სამეცნიერო საზოგადოებამ დიდი დანაკლისი განიცადა, გარდაიცვალა გამოჩენილი ქართველი მეცნიერი ქანების ფიზიკის დარგში, აკადემიური დოქტორი ფელიქს ბეჟანოვი.

ბატონი ფელიქსი დაიბადა 1932 წლის 9 მარტს, ქ. თბილისში. 1950 წელს, საშუალო სკოლის დამთავრების შემდეგ, სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო ფაკულტეტზე, რომელიც დაასრულა 1955 წელს მადნეულის საბადოთა დამუშავების სპეციალობით. ამავე წელს იწყება მისი შრომითი საქმიანობა დონეცკის ქვანახშირის აუზის მე-14-17-ე შახტების სამმართველოში უზნის უფროსის მოადგილედ, შემდეგ კი - უფროსის თანამდებობაზე.

1957 წელს იგი ბრუნდება სამშობლოში და მუშაობას იწყებს ახლად დაარსებულ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გ. წულუკიძის სახელობის სამთო ინსტიტუტში ჯერ ქანების ფიზიკის ლაბორატორიაში, ხოლო შემდეგ - ქანების, საშენი მასალების თვისებებისა და ხარისხის კონტროლის განყოფილებაში, სადაც სიცოცხლის ბოლომდე მოღვაწეობდა უფროსი მეცნიერი მუშაკის თანამდებობაზე. 1963–1966 წლებში იგი ყაზახეთის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ასპირანტია და 1969 წელს აქვე წარმატებით იცავს დისერტაციას ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად ქანების ფიზიკის დარგში.

ბატონი ფელიქსი არის ავტორი არა ერთი სამეცნიერო ნაშრომისა, რომლებიც გამოქვეყნებულია როგორც ჩვენი ქვეყნის, ისე უცხოეთის სამეცნიერო ჟურნალებსა და კრებულებში, მიღებული აქვს რამდენიმე პატენტი გამოგონებაზე. მისი უშუალო მონაწილეობითა და ხელმძღვანელობით შესრულებული საქართველოს სხვადასხვა საბადოების ქანებისა თუ მადნების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევის შედეგები შესულია ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქანების კადასტრში, რომელსაც დღემდე არ დაუკარგავს მნიშვნელობა, როგორც საცნობარო ლიტერატურას ქანების ფიზიკის დარგში.

ფასდაუდებელია ბატონი ფელიქსის ღვაწლი ახალგაზრდა სპეციალისტების აღზრდაში - იგი წლების განმავლობაში უთავსებდა ერთმანეთს სამეცნიერო და პედაგოგიურ საქმიანობას საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო ფაკულტეტზე.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ბატონი ფელიქსის ადამიანური თვისებები. იგი იყო ღრმად განათლებული, იუმორით სავსე პიროვნება, გამორჩეული კეთილშობილებით, შრომისმოყვარეობით, პატიოსანი, საამართლიანი, ერთგული და თბილი დამოკიდებულებით ყველას მიმართ. ბატონი ფელიქსის ნათელი ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება ჩვენს გულებში.

საქართველოს სამთო საზოგადოება  
 გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი,  
 სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი  
 „სამთო ჟურნალის“ სარედაქციო კოლეგია

## 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 - Sylfaen**, ზომა - 12, **რუსული Times New 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 Sylfaen ასოებით, შრიფტი - გამუქებული, შრიფტის ზომა 14, გასწორება მარცხენა კიდეტან.

**სათაური** უნდა აიკრიფოს ასევე Sylfaen 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, ინტერვალი 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, ინტერვალი - 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 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. Недр, 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.)

ვევლა სტატია აუცილებლად გაივლის როგორც სამეცნიერო, ასევე ტექნიკურ რედაქტირებას.

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

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 - Sylfaen**, 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.

**Annotation** should be attached to the article in two languages other than the language in which it is written. Authors need to ensure that **Annotation** are easily readable and understandable to a broad readership. The annotation 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 within the working field. Figures must be presented in **JPG format**. Each figure should include a caption in bold, size - 11 pt, centered, single spacing, no dot is placed at the end of the caption. Please, make sure to identify all elements found in the figure in the caption.

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

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

**All articles must be reviewed (scientific and technical).**



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

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 0175, Грузия, Тбилиси, ул. Костава, 77.  
Тел.: (995 32) 236 50 47; факс: (995 32) 2 32 59 90.  
www.mining.org.ge  
E-mail: mining\_journal@posta.ge; a.abshilava@gtu.ge

EDITORIAL OFFICE: 77, Kostava str., Tbilisi, 0175, Georgia.  
Tel.: (995 32) 236 50 47; Fax: (995 32) 2 32 59 90;  
www.mining.org.ge  
E-mail: mining\_journal@posta.ge; a.abshilava@gtu.ge

ჟურნალი გამოდის 1998 წლიდან. Журнал издается с 1998 года. Published since 1998  
რეგულირდება ტექნიფორმის «ქართულ რეფერატულ ჟურნალში»  
Реферируется в реферативном журнале и в «Грузинском реферативном журнале» Техниформа  
«Georgian Referential Journal» of TEKHINFORM

ხელმოწერილია დასაბეჭდად: 08.06.2022  
რედაქტორები: ა. აბშილავა  
დამკავადონებელი: თ. მინდორაძე  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა: ს. სტერიაკოვასი  
ქაღალდის ზომა 64X90 1/8  
ტირაჟი 120 ეგზ.

მის «პოლიგრაფისტი»  
თბილისი, სურამის ქ. #13

ISSN 1512-407X

