

O'zbekiston

# KONCHILIK XAVARNOMASI 3

№ 82

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRARISH JURNALI

Iyul - Sentabr 2020

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# ГОРНЫЙ ВЕСТНИК

УЗБЕКИСТАНА

## ГМЗ-4 10 ЛЕТ

## 25 ЛЕТ ГМЗ-3

## ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ РАБОТ В ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ

Высококачественное дробление негабаритов и  
оборка кровли - лучшее безопасное условие в  
шахтах

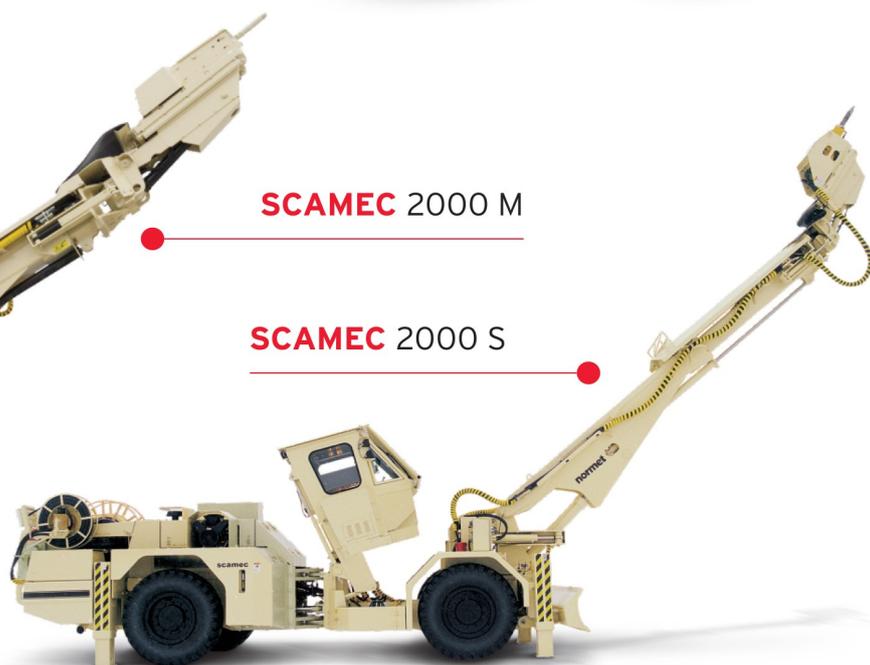
### SCAMEC 2000 серии

- Доступен в трех версиях взаимозаменяемых стрел для обеспечения оптимального охвата рабочей зоны
  - Возможно оснащение стрелы гидравлическим молотом или пикой для оборки кровли
  - Scamec 2000 Breaker - это самоходная машина с дизельным приводом для механизированного дробления в подземных шахтах и рудниках.
  - Легок в управлении
- Специальная конструкция кабины с регулируемой функцией подъема и наклона для оптимизации видимости рабочей зоны

SCAMEC 2000 L



SCAMEC 2000 M



SCAMEC 2000 S



SCAMEC 2000 BREAKER



Normet International Ltd.

Представительство в Республике Узбекистан, г.Ташкент, 100084, ул. А.Темура 95А.

Тел.: +998 71 140 91 91 Факс: +998 71 140 92 92

www.normet.com

O'zbekiston

# KONCHILIK XABARNOMASI

## ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQUARISH JURNALI

Ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnaliga  
1997 yil Iyul oyida asos solingan bo'lib jurnal  
uch oyda bir marta chiqadi

### Ta'sischi:

"Navoiy kon-metallurgiya kombinati" Davlat korxonasi, Navoiy davlat konchilik instituti, O'zbekiston geotexnologiya va rangli metallurgiya ilmiy-tadqiqot va qidiruv - loyihalashtirish instituti DUK «O'ZGEORANGMETLITI»

### Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:

«Navoiy KMK» DK, «Olmaliq KMK» OAJ,  
«O'ZGEORANGMETLITI» DUK

### Bosh muharrir:

Sharafutdinov U.Z.

### Bosh muharrir o'rinbosari:

Alikulov Sh.Sh.

### Texnik va badiiy muharrir:

Sodikova Yu.Z.

**Tahririyat Kengashi:** Belin V.A. (Rossiya), Vorobev A.G. (Rossiya), Vorobev A.E. (Qozog'iston), Dementiev V.E. (Rossiya), Mishina O.V. (Germaniya), Rakishev B.R. (Qozog'iston), Razykov Z.A. (Tojikiston), Tabakman I.B. (Kanada), Shashenko A.N. (Ukraina), Akbarov X.A. (O'zbekiston), Abdurahmonov S.A. (O'zbekiston), Gulyamov B.V. (O'zbekiston), Muhiddinov B.F. (O'zbekiston), Nurmurodov T.I. (O'zbekiston), Misliboev I.T. (O'zbekiston), Mahmudov A.M. (O'zbekiston), Mustakimov O.M. (O'zbekiston), Raimjanov B.R. (O'zbekiston), Sagdieva M.G. (O'zbekiston), Sanaqulov K. (O'zbekiston), Sniitka N.P. (O'zbekiston), Turesebekov A.X. (O'zbekiston), Ergashev U.A. (O'zbekiston), Yoqubov M.M. (O'zbekiston), Norov Yu.D. (O'zbekiston)

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot Agentligida 2006 yil 13 dekabr kuni ro'yxatga olingan bo'lib quid etish guvohnomasi № 0033. ISSN 2181-7383, 2013 yil 9 iyul kuni qayta ro'yxatga olingan bo'lib qayd etish guvohnomasi № 01-22/37 S.

Jurnalda ma'lumotlar bosilganda dalillar ko'rsatilishi shart

Jurnalda chop etilgan ma'lumot va keltirilgan dalillarning aniqligi uchun muallif javobgardir

### Tahririyat manzili:

210100, Navoiy shahri, Navoiy ko'chasi, 27  
Innovatsion markaz NKMK  
Tel. +99893 521-78-39

**E-mail:** U.Sharafutdinov@ngmk.uz, I.Sodikov@ngmk.uz

**Sayt:** <http://www.gorniyvestnik.uz>; <http://uzjournals.edu.uz/gorvest>

### Muqova, dizayn, kompyuter saxifasi:

Sodikova Yu.Z.

### Jurnalning chop etilishi va elektron shaklini yangilab

**boruvchi mas'ul:**  
Sharafutdinov U.Z.

### Chop qilindi:

NKMK bosmaxonasida  
210100, Navoiy shahri, Janubiy ko'chasi, 25  
Tel. +99879 227-75-56

Nashr etishga 09.09.2020 y. imzolandi

A3 formatda. Adadi 250 nusxa

© O'zbekiston konchilik xabarnomasi 2020

Научно-технический и производственный журнал издаётся с июля 1997 года, выходит один раз в три месяца

### Учредители:

Государственное предприятие «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навоийский государственный горный институт, Узбекский научно-исследовательский и проектно-испытательный институт геотехнологии и цветной металлургии ГУП «O'ZGEORANGMETLITI»

### При финансовой поддержке:

ГП «Навоийский ГМК», ОАО «Алмалыкский ГМК», ГУП «O'ZGEORANGMETLITI»

### Главный редактор:

Шарафутдинов У.З.

### Зам. главного редактора:

Аликулов Ш.Ш.

### Технический и художественный редактор:

Соди́кова Ю.З.

**Редакционный совет:** Белин В.А. (Россия), Воробьев А.Г. (Россия), Воробьев А.Е. (Казахстан), Деметьев В.Е. (Россия), Мишина О.В. (Германия), Ракишев Б.Р. (Казахстан), Разыков З.А. (Таджикистан), Табакман И.Б. (Канада), Шашенко А.Н. (Украина), Акбаров Х.А. (Узбекистан), Абдурахмонов С.А. (Узбекистан), Гулямов Б.В. (Узбекистан), Мухиддинов Б.Ф. (Узбекистан), Нурмуродов Т.И. (Узбекистан), Мислибоев И.Т. (Узбекистан), Махмудов А.М. (Узбекистан), Мустакимов О.М. (Узбекистан), Раимжанов Б.Р. (Узбекистан), Сагдиева М.Г. (Узбекистан), Санакулов К. (Узбекистан), Снитка Н.П. (Узбекистан), Турсебеков А.Х. (Узбекистан), Эргашев У.А. (Узбекистан), Якубов М.М. (Узбекистан), Норов Ю.Д. (Узбекистан)

Журнал зарегистрирован в Узбекском Агентстве по печати и информации. Регистрационное свидетельство за № 0033 от 13 декабря 2006 г. ISSN 2181-7383 рег. № 01-22/37 S от 09.07.2013 г.

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна

За точность фактов и достоверность информации ответственность несут авторы

### Адрес редакции:

210100, г. Навои, ул. Навои, 27  
Инновационный центр НГМК  
Тел. +99893 521-78-39

**E-mail:** U.Sharafutdinov@ngmk.uz, I.Sodikov@ngmk.uz

**Сайт:** <http://www.gorniyvestnik.uz>; <http://uzjournals.edu.uz/gorvest>

### Обложка, дизайн, компьютерная вёрстка:

Соди́кова Ю.З.

### Ответственный за публикацию и обновление электронной

**формы журнала:**  
Шарафутдинов У.З.

### Отпечатано:

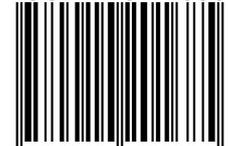
в типографии НГМК  
210100, г. Навои, ул. Южная, 25  
Тел. +99879 227-75-56

Подписано в печать 09.09.2020 г.

Формат А3. Тираж 250 экз.

© Горный вестник Узбекистана 2020

ISSN 2181-7383



4 780010 201685 1

## GEOTEKNOLOGIYA / GEOTEKNOLOGIYA

**Аликулов Ш.Ш., Ахадов Х.Р., Халимов И.У.** Совершенствование схемы вскрытия запасов залежей урана при вовлечении в отработку методом подземного выщелачивания ..... 4

**Махмудов А.М., Курбонов О.М., Сафарова М.Д.** Технические решения по совершенствованию монтажно-демонтажных работ погружных насосных агрегатов в условиях рудников ПВ..... 9

**Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З.** Экстракционная очистка концентратов редкоземельных элементов от примесей и природных радионуклидов ..... 13

## GEOLOGIYA / GEOLOGIYA

**Тошниеъзов Л.Г., Тошов Ж.Б., Байназов У.Р.** Анализ использования программы ANSYS для исследования процесса бурения ... 17

**Амиров Э.М.** Включения в гранодиоритах Ауминзинского интрузива (Центральные Кызылкумы) ..... 22

**Ярбобоев Т.Н., Очилов И.С., Султонов Ш.А., Хушваков Б.А.** Минералого-геохимические особенности телетермального золотого оруденения в карбонатных породах Чакилкалянского мегаблока (Южный Узбекистан) ..... 27

**Рузиев Н.Б., Садинов Ш.М., Мусаев Г.М., Ильясев Б.Т.** Изучение месторождения Амантайтау и разработка его геомеханической модели ..... 32

**Гоипов А.Б., Турапов М.К., Ахмадов Ш.И., Хасанов Н.Р.** Применение соотношения каналов космических снимков для картирования минералов на примере Кокпатас-Окжетпесского тренда (горы Букантау) ..... 35

**Усаров У.Т., Шодиев З.М., Хайруллаев Б.А.** Парамагнитные свойства горных минералов пирротина, никелина и пентландита при высоких температурах ..... 39

**Халисматов И.Х., Нурматов М.Р., Шомуродов Ш.Э., Бабалов Ж.К.** Зарафшон ботиклиги палеозой ёткизикларини нефтгазлилигини ўрганишда бажарилган геологик-геофизик тадқиқотларнинг тахлили ..... 41

**Тухташев А.Б., Назаров З.С., Жабборов О.И., Зарипова Ф.Б.** Обоснование параметров потерь и разубоживания при разработке мелкомасштабных месторождений ауминзо-амантойского рудного поля ..... 44

**Яковлев В.Л., Глебов А.В., Кулнияз С.С., Норова Х.Ю.** Повышение эффективности циклично-поточной технологии ..... 47

## BOYITISH VA METALLURGIYA / ОБОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

**Санакулов К., Фузайлов О.У.** Исследование инкапсуляции золота в магемите при микроволновом обжиге флотоконцентрата ..... 50

**Осими Окил., Ганиев И.Н., Назаров Х.М.** Термодинамические функции силумина АК12М2 ..... 53

**Тоиров М.Ш., Аскарходжаев Т.И., Мардонов Б.Т.** Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии виброгрохочения инертных материалов ..... 55

**Нурматов Ж.Т., Рашидова Р. К., Курбанов А.А., Жиянов А.Б.** Перспектива расширения области применения специальных материалов на основе базальтов ..... 59

**Худойбердиев Ф.И., Тахирова Н.Б.** Разработка технологии сложных минеральных удобрений из агроруд Каракалпакстана и отходов фосфоритовых руд ..... 63

**Нарбадалов Ш.И., Гафуров К.У., Аликулов М.Ю., Калонов А.К.** Теория и практика процесса обжига продукта хвостов цианирования биокека ГМЗ-3 ..... 66

**Якубов М.М., Мухаметжанова Ш.А., Якубов Н.М.** Применение автоклавных процессов в цветной металлургии ..... 70

## ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

**Санакулов У.К., Тажибаев Д.Ю., Эргашев У.А.** Извлечение железа из кислых сбросных растворов процесса биоокисления сульфидных золотосодержащих концентратов ..... 73

**Умиров Ф.Э., Музафарров А.М., Пирназаров Ф.Г., Умиров У.Ф.** Изучение химического состава и свойств минерала солонита ..... 76

**Мухамедбаева М.А., Шакаров Т.И., Мухамедбаев А.А. Атаджанов Ш.Ю.,** Повышение эффективности работы шаровых мельниц..... 79

**13 Мирзаев Б.А., Шарипов Ш.Ф., Истаблаев Ф.Ф.** Перспективы привлечения иностранных инвестиций для разработки нерудных полезных ископаемых в комплексе на примере месторождения «Вауш»..... 82

**Сулейманов Г.Ю., Рузиев Г.М.** Изучение возможности извлечения благородных металлов из отходов золотоизвлекательного цеха рудника «Марджанбулак» ..... 87

**Самадов А. У., Носиров Н.И.** Использование местных реагентов для полиметаллических руд ..... 89

**Абдуазизов Н.А., Исломов З.Р., Джураев Р.У., Жураев А.Ш.** Рациональные конструктивные решения при разработке воздушного фильтра гидравлического экскаватора ..... 92

**Абдуллаев К.С., Ахмедов Х.И., Жумаев А.А., Улугов Г.Д.** Влияние литейных хоподильников на структуру высокохромистых белых износостойких чугунов ..... 95

**Искандарова М.И., Якубжанова З.Б., Какурина Л.М.** Трепелеподобные породы Узбекистана как пуццолановые добавки для портландцемента ..... 98

**35 Бектурдиев Г.М., Юсупова Г.Х.** Природные минеральные глины в качестве сырья для получения катализаторов гидроочистки ..... 101

**39 Мухиддинов Б.Ф., Санакулов К., Шарипов С.Ш., Алиев Т.Б.** Термодинамические и минералогические характеристики образования серной кислоты в процессе бактериального окисления флотоконцентрата..... 105

## ELEKTROENERGETIKA/ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

**44 Эшмуродов З.О., Бобожанов М.К.** Исследование эффективности конвейеров горнотранспортных систем ..... 109

**47 Воробьев А.Е., Холбоев Г.О., Воробьев К.А., Хамидов А.А.** Исследование перспективных путей эффективного применения нанопроводников электрического тока ..... 113

## TARIX / ИСТОРИЯ

**Раупов Х.Р.** Ҳаёт мазмуни ..... 117

## REKLAMA / РЕКЛАМА

На обложке:

55 «Normet international LTD»

«Epiroc»

59 Типографии НГМК - 55 ЛЕТ

В тексте ПО «НМЗ» НГМК

Scientific, technical and industrial journal

The journal has been published since July 1997 comes out once every three months

**Founders:** State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine", Navoi State Mining Institute, Uzbek Research and Design and Survey Institute of Geotechnology and Nonferrous Metallurgy of the State Unitary Enterprise "UZGEORANGMETLITI"

Chief Editor: **Sharafutdinov U.Z.**

Deputy Chief Editor: **Alikulov Sh.Sh.**

Technical and art editor: **Sodikova Yu.Z.**

**Editorial Board:** Belin V.A. (Mining Institute NUST MISIS, Russia), Vorobiev A.G. (Publishing house "Ore and Metals", Russia), Vorobev A.E. (Atyrau University of Oil and Gas, Kazakhstan), Mishina O.V. (Engineering diverse GMBH, Germany), Dementiev V.E. (JSC "Irkutsk Research Institute of Noble and Rare Metals and Diamonds" Russia), Rakishev B.R. (Nazarbayev University, Kazakhstan), Razykov Z.A. (Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan), Tabakman I.B. (Wenco International Mining Systems, Canada), Shashenko A.N. (National Technical University "Dnipro Polytechnic", Ukraine), Akbarov Kh.A. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), Abdurahmonov S.A. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), Gulyamov B.V. (State Committee for Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan), Nurmurodov T.I. (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), Muhiddinov B.F. (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), Misliboev I.T. (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), Makhmudov A.M. (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), Mustakimov O.M. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Raimzhanov B.R. (State Unitary Enterprise "Uzbek Scientific Research and Design and Survey Institute of Geology and Nonferrous Metallurgy "Uzgeorgantmetil", Uzbekistan), Sagdieva M.G. (State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Uzbekistan), Sanakulov K. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Snitka N.P. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Turesebekov A.Kh. (Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M.Abdullaev, Uzbekistan), Ergashev U.A. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Yakubov M.M. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), Norov Yu.D. (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan)

The journal is registered in the Uzbek Agency for Press and Information. Registration certificate number 0033 from December 13, 2006 ISSN 2181-7383 reg. No. 01-22 / 37 S dated July 09, 2013

At a reprint of materials reference to the journal is required

The accuracy of the facts and the accuracy of the information are the responsibility of the authors.

**Editorial address:** 210100, Navoi, st.Navoi 27, Innovation center NMMC.

**Tel.** +99893 521-78-39

**E-mail:** U.Sharafutdinov@ngmk.uz, I.Sodikov@ngmk.uz

**Website:** <http://www.gorniyvestnik.uz>; <http://uzjournals.edu.uz/gorvest>

**Indexing:** Ulrich's Periodicals Directory

**Printed:** in the printing house NMMC 210100, Navoi, st.Yujnaya, 25

**Tel.** +99879 227-75-56

## CONTENTS

### GEOTECHNOLOGY

- Alikulov Sh.Sh., Akhadov Kh.R., Xalimov I.U.** Improvement of stock opening diagram of uranium deposits when involving in processing by method underground leaching ..... 4
- Makhmudov A.M., Kurbonov O.M., Safarova M.D.** Technical solutions for improving installation and dismantling of submersible pumping units in underground leaching mines ..... 9
- Petuhov O.F., Ruziev B.T., Sharafutdinov U.Z.** Extraction purification of concentrates of rare earth elements from impurities and natural radionuclides ..... 13

### GEOLOGY

- Toshniyozov L.G., Toshov Zh.B., Baynazov U.R.** Analysis of ansys software use in the research of drilling process ..... 17
- Amirov E.M.** Inclusions in granodiorites of the auminzinsky intrusion (Central Kyzylkum) ..... 22
- Yarbobeov T.N., Ochilov I.S., Sultanov Sh. A. Khushvakov B.A.** Mineral-geochemical properties of telethermal gold mining in chakilkalyan megablock telethermal carbonate rocks (South Uzbekistan) ..... 27
- Goipov A.B., Turapov M.K., Akhmadov Sh.I., Khasanov N.R.** Application of ratio bands of space images for mapping minerals on the example of kokpatas-okzhetpes trend (Mountain Bukantau) ..... 35
- Khalismatov I.Kh., Nurmatov M.R., Shomurodov SH.E., Babalov J.K.** Analyses of geological and geophysical surveys performed in the study of oil and gas content of the paleozoic deposits of the Zarafshan basin ..... 41
- Yakovlev V.L., Glebov A.V., Kulniyaz S.S., Norova H.Yu.** Improving the efficiency of cyclical-flow technology ..... 47

### MINERAL PROCESSING

- Sanakulov K., Fuzaylov O.U.** Study of gold encapsulation in maghemite during microwave roasting of flotation concentrate ..... 50
- Osimi Okil., Ganiev I.N., Nazarov H.M.** Study of gold encapsulation in maghemite during microwave roasting of flotation concentrate .. 53
- Yakubov M.M., Mukhametjanova Sh.A., Yakubov N.M.** The use of autoclave processes in non-ferrous metallurgy, an overview ..... 70

### SCIENTIFIC AND LABORATORY RESEARCH

- Sanakulov U.K., Tazhibaev D.Yu., Ergashev U.A.** Extraction of iron from acid waste solutions of the process of biooxidation of sulfide gold-containing concentrates ..... 73
- Mirzaev B.A., Sharipov Sh.F., Istablaev F.F.** Prospects for attracting foreign investment for the development of non-metallic minerals in the complex on the example of the "Vaush" deposit ..... 82
- Abduazizov N.A., Islomov Z.R., Djuraev R.U., Juraev A.SH.** Rational design solutions for the development of an air filter for a hydraulic excavator ..... 92
- Abdullaev K.S., Akhmedov Kh.I., Ulugov G.D.** The influence of the casting to structure high chrome white wear resistant cast iron ..... 95

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ВСКРЫТИЯ ЗАПАСОВ ЗАЛЕЖЕЙ УРАНА ПРИ ВОВЛЕЧЕНИИ В ОТРАБОТКУ МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ



**Аликулов Ш.Ш.**,  
зав. кафедрой  
«Безопасность  
жизнедеятельности» НГГИ,  
DSc



**Ахадов Х.Р.**,  
главный геолог РУ-5,  
НГМК



**Халимов И.У.**,  
зав. кафедрой  
«РРМ», НГГИ,  
к. т. н., доцент

*Qizilqum hududidagi uran konlari qatlamli infiltratsion tipidagi konlar turiga kiradi, ekzogen-epigenetik tog' jinslarini suv o'tkazish natijasida hosil bo'lgan hamda er ostida tanlab eritmaga o'tkazish usuli bilan eritib olinadi.*

*Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki geologik qidiruv ishlarida ko'pincha ma'dan tanasini geometrok shakli tasdiqlanmaydi.*

*Ushbu uslubiyotni qo'llash geologiya qidiruv va sanoatda hatolikga yo'l qo'maslikga hamda yer tubidan foydali madanni eritib olish uchun samarali hisoblanadi. Barcha kerakli parametrlar aniqlangandan va asoslangandan so'ng, kelajakda qazib olishning haqiqiy davri va kontaktlarning zaxiralarning haqiqiy miqdori aniqlanadi.*

*Rud tanasining ma'lum bo'lgan joyini tezkor aniqlash usuli korxonada metallni hisoblash va qazib olish uchun asosiy va to'g'ri manba hisoblanadi.*

*Ushbu usul iqtisodiy zararni ma'lumotlarning noaniqligidan kamaytiradi, tayyorlangan zaxiralarni me'yoriy yo'qotilishiga yo'l qo'ymaydi*

**Tayanch iboralar:** uran, geologiya, qidiruv, yer ostida tanlab eritish, uranni zaxirasi, ma'dan qatlami.

*Урановые месторождения Кызылкумского региона, относящиеся к месторождениям пластово-инфильтрационного или «песчаникового» типа, и разрабатываемые методом ПВ, образованы в основном за счёт протекания экзогенно-эпигенетических процессов в проницаемых породах осадочного чехла. Исследования в практике показали, что между разведочными профилями часто происходит изменение геометризации рудного тела при не подтверждении линейных запасов.*

*Поэтому необходимо использовать настоящую методику, чтобы уточнить случайные погрешности параметров между разведочными и промышленными скважинами, для извлечения продукции из недр максимально и без потерь. После уточнения и обоснования всех необходимых параметров устанавливается фактический контур для будущей отработки и фактическое количество подготовленных запасов в контуре. Метод оперативного определения от известного расположения рудного тела является основным и верным источником на предприятии для подсчета и извлечения металла из недр.*

*Настоящая методика снижает экономический ущерб от неопределенности информации, не допускает сверх нормативной потери подготавливаемых запасов.*

**Ключевые слова:** уран, геология, разведка, подземное выщелачивание, линейные запасы урана, рудный контур.

В последние десятилетия в мировой практике, в том числе и в Узбекистане, получили широкое распространение геотехнологические способы добычи полезных ископаемых, имеющих ряд серьезных преимуществ перед традиционным и дорогостоящим горным способом. Среди них особое место занимает геотехнология (подземное выщелачивание) металлов (урана, меди, никеля, железа, цинка, молибдена, алюминия, золота и др.) из руд на месте их залегания в недрах с помощью химических реагентов с последующей переработкой на поверхности полученных продуктивных растворов.

Геологическая служба на действующих и строящихся предприятиях ПВ организуется для их всестороннего геологического обслуживания с целью обеспечения технически правильной и экономически рентабельной эксплуатации месторождения, а также для разработки мероприятий по обеспечению добычи металла и сокращению его потерь в недрах.

В соответствии с этим в обязанности геологической службы на предприятии ПВ входит:

- подсчет и движение балансовых запасов по степени подготовленности;
- доразведка месторождений с целью перевода запасов категории С<sub>2</sub> в высшие категории и выявления новых рудных тел, увеличивающих сырьевую базу предприятия;

- контроль за полнотой использования недр;
- продолжение изучения эксплуатируемого месторождения на основе обобщения и анализа материалов его разведки и эксплуатации с целью правильного направления геологоразведочных и эксплуатационно-разведочных работ;
- эксплуатационная разведка с целью уточнения морфологии рудных тел, условий их залегания, гидрогеологических, радиологических и других особенностей для правильного направления горноподготовительных работ и выбора оптимальных условий добычи металла;
- документация и опробование, составление сводной документации;
- контроль за расходованием средств, выделенных на геологоразведочные работы;
- геологическое обоснование и участие в проектировании горно-эксплуатационных работ; организация НИР и ОКР по вопросам геологии, гидрогеологии, геотехнологии, геофизики, бурения и сооружения скважин;
- охрана недр и окружающей среды.

В 70 годах прошлого столетия в мире было открыто большое количество урановых месторождений, образование которых обусловлено инфильтрацией вадозных (водаатмосферного происхождения) подземных вод по проницаемым пластам осадочных толщ. Такие месторождения получили название гидрогенных.

В середине прошлого столетия в центре пустыни Кызылкум открыто и разведано урановое месторождение Учкудук нового, неизвестного до того времени типа. Вскоре в Кызылкумском регионе по выявленным критериям были обнаружены и разведаны аналогичные месторождения и рудопроявления. Такие месторождения, имеющие широкое распространение на нашей планете, получили название «эпигенетические инфильтрационного (учкудукского) типа». Была подмечена характерная закономерность - урановое оруденение размещается в рудовмещающем горизонте пород на границе окисленных (желтых по цвету) и неокисленных (серых) разностей пород.

Введено важное новое понятие о рудоконтролирующих зонах пластового окисления (ЗПО), резко отличающихся от обычных зон поверхностного окисления (возникающих в сфере аэрации) тем, что, они формируются кислородными напорными водами артезианских бассейнов. Предложено понятие о новом «учкудукском» промышленном типе, как типе гидрогенно-инфильтрационных месторождений.

Переломным моментом в оценке геолого-промышленной значимости месторождений гидрогенного типа, приуроченных к обводненным песчаным породам мезозоя и кайнозоя, явилось начало освоения промышленностью способа подземного выщелачивания урана на месте залегания руд.

Геолого-генетическая модель инфильтрационного рудообразования, связанного с современными или древними зонами пластового окисления, получила подтверждение на многих рудных объектах и положена в основу прогнозирования и поисков инфильтрационных месторождений урана.

Несмотря на некоторые расхождения в трактовке отдельных генетических вопросов, все исследователи придерживаются единых представлений о базисных элементах геолого-генетической модели формирования инфильтрационного оруденения:

1. Источник урана – осадочные, метаморфические или изверженные породы с кларковыми или надкларковыми содержаниями урана.
2. Транспортирующая среда – пластовые или грунтовые кислородсодержащие воды, переносящие уран в растворенной окисленной шестивалентной форме (преимущественно в виде уранилкарбонатных комплексов).
3. Среда рудоотложения - терригенные слаболитифицированные породы с восстановительными свойствами, обуславливающие восстановление урана до четырехвалентного состояния и его осаждение.

Перечисленные базисные положения генетической модели определяют существование на инфильтрационных месторождениях рудоформирующей окислительной эпигенетической зональности, которая рассматривается как главный поисковый критерий для месторождений данного класса.

Гидрогенные месторождения урана, отрабатываемые способом подземного выщелачивания (ПВ), как правило, являются слепыми, поэтому бурение остается основным техническим средством их изучения на всех стадиях работ – от поисков до детальной разведки, которое сопровождается широким комплексом геофизических исследований в скважинах (ГИС). Гамма каротаж, электрокаротаж являются основными

методами определения параметров уранового оруденения. Все гидрогенные месторождения, эксплуатация которых возможна скважинными способами ПВ, представлены, как правило, рудными залежами субгоризонтального залегания. В плане их форма чаще всего приближается к лентообразной при резком преобладании длины над шириной.

На месторождениях типа пластового окисления нередко залежи протяженностью во многие километры при ширине 100-200 м. Для этих месторождений характерна сильная извилистость залежей в плане с образованием сложных изгибов и петель. При однородном гранулометрическом составе отложений пластовое окисление имеет простую форму.

Зона пластового окисления в каждом пронизываемом горизонте делится по падению пласта на две подзоны – подзону полного окисления и подзону выклинивания, в пределах которой появляются неокисленные участки. Урановое оруденение приурочено к подзоне выклинивания пластового окисления. Рудные тела размещаются в области смены окисленных пород неокисленными. Урановое оруденение локализуется в неокисленных серых песках, облекая окисленные лимонитизированные пески. При этом образуются серповидные в разрезе рудные тела, состоящие из мешковой части и отходящих от нее крыльев, получившие название роллов. Роллы могут быть простыми и сложными вследствие усложнения подзоны пластового окисления. Роллы могут иметь также только верхнее или только нижнее крыло. Иногда наблюдаются обособленные рудные тела линзообразной формы, которые можно представить себе, как остатки разрушенного ролла.

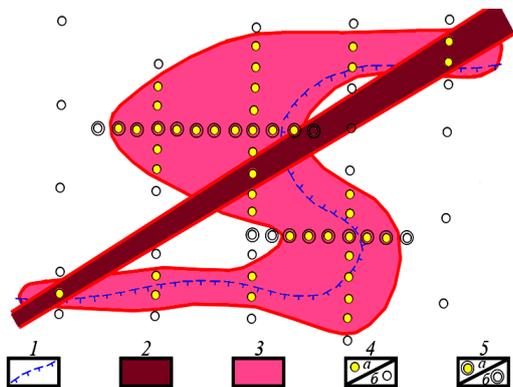
Ширина мешковой части роллов может достигать 200 м и более, но обычно 50-100 м. Ширина крыльев до 800 м. Мощность мешка также наблюдается в широких пределах, от первых метров достигая иногда до 20-25 м. Мощность крыльев изменяется от первых десятков сантиметров до 5-10 м. Наибольшая мощность крыльев обычно наблюдается на сочленении с мешковой частью. Простые роллообразные залежи с протяженными крыльями встречаются достаточно редко. Зато широко распространены залежи со сложно построенной мешковой частью, с многочисленными апофизами и обособляющимися линзами, как на переднем фронте ролла (в неокисленных породах), так и в тыловой его части, с неразвитыми или неравномерно развитыми крыльями, с числом крыльев более двух. Роллоподобная форма рудных залежей обуславливает неравномерное распределение продуктивности оруденения в плане (рис. 2).

### Поисково-оценочные работы.

Поисково-оценочные работы обычно имеют целью изучение выделенных при поисках потенциально ураноносных зон пластового окисления, выявление в их пределах ураноносных участков и оценку их прогнозных ресурсов, пригодных для освоения ПВ. При поисково-оценочных работах на месторождениях пластового окисления профили поисково-оценочного бурения вначале закладываются через 1600 – 800 м с шагом скважин в профиле 200 – 400 м. После того как положение фронта пластового окисления взято скважинами профиля «в вилку», т. е. одна из них вскрывает окисленные, а другая – сероцветные породы изучаемого горизонта, сеть скважин в профиле обычно сгущают до 100 м с целью установления ураноносности фронта. Вскрытые рудоносные участки опробуются на содержание глинистой фракции, на карбонатность и другие показатели, определяющие возможность ПВ. По скважинам сети 1600-800X200-100 м производится оконтуривание оруденения с учетом показателей, действующих для аналогичных месторождений, и оценка прогнозных ресурсов по категории Р<sub>1</sub>.

Главная задача на стадии поисково-оценочных работ - однозначная отбраковка объектов, не имеющих промышленного значения. При этом ошибка первого рода (отбраковка объекта в действительности промышленного) должна быть исключена. Однако положительная оценка месторождения еще не должна гарантировать его действительного промышленного значения и на последующей стадии предварительной разведки, по уточненным данным возможна его отбраковка.

Определяющим фактором на поисково-оценочной стадии следует считать масштаб месторождения, обуславливающий в данных географо-экономических условиях возможность его рентабельного освоения, ибо при недостаточно крупных запасах, месторождение с самыми благоприятными геотехнологическими свойствами не может представлять промышленного интереса.



1 - граница выклинивания зоны пластового окисления; 2 - контур залежи при интерполяции по сети 50X800 м; 3 - то же, по сети 50X200 м; 4 - скважины основной разведочной сети; а - рудные, б - безрудные; 5 - скважины контрольно-уязвочных линий; а - рудные, б - безрудные

Рис. 1. Схематическая рудная залежь в плане с образованием сложных изгибов и петель

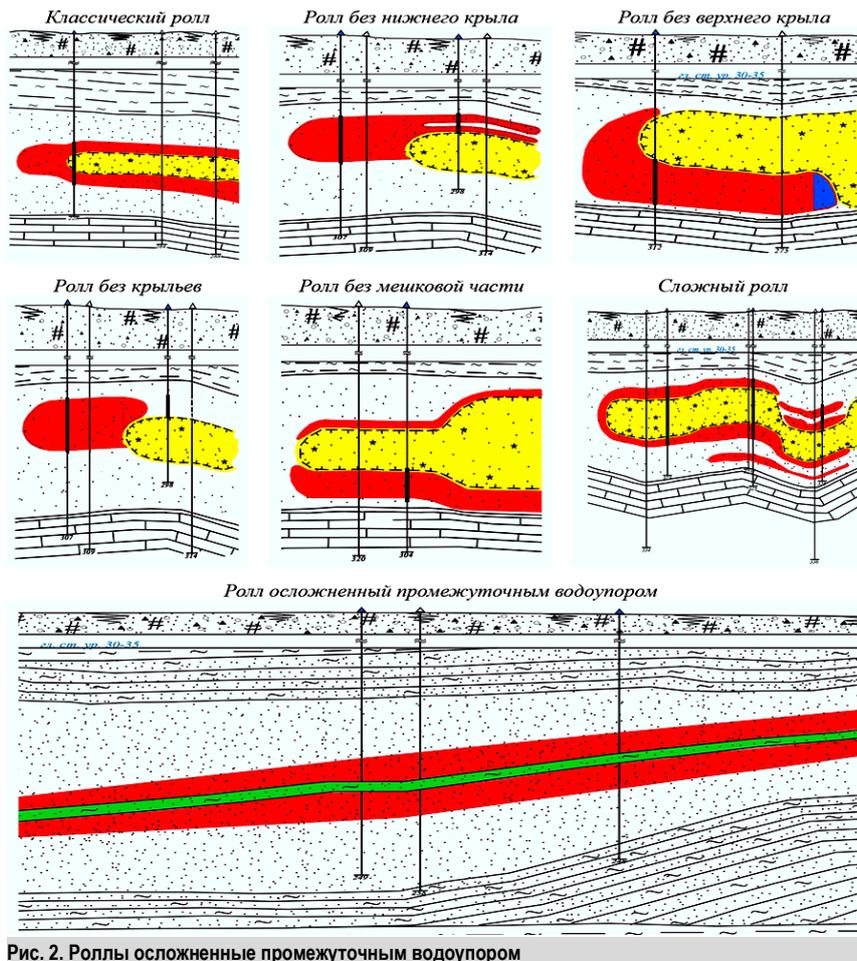


Рис. 2. Роллы осложненные промежуточным водоупором

Оценка геотехнологических свойств месторождений на предварительной стадии выполняется преимущественно на основе лабораторных испытаний проб и литологического изучения разреза, подкрепляемых небольшим объемом гидрогеологических исследований на скважинах (откачки, наливы, расходомерия и т. п.).

### Разведка и оконтуривание рудных залежей.

Предварительная разведка имеет целью выделение и предварительное оконтуривание рудных залежей и оценку их запасов, пригодных для ПВ по категории  $C_2$ . На стадии предварительной разведки месторождений пластового окисления профили буровых скважин сгущаются до 200-400 м, а скважины в профилях – до 50-100 м. Главная задача на стадии предварительной разведки – однозначное выделение объектов промышленного значения, передаваемых в детальную разведку.

Детальная разведка производится на месторождениях, получивших по технико-экономическому докладу (ТЭД) положительную оценку и рекомендованных к освоению. В процессе детальной разведки должны быть получены все необходимые данные по геотехнологии данного месторождения, нужные для составления технического проекта его отработки. Как правило, такие данные получают при проведении опытно-промышленных работ по подземному выщелачиванию.

При детальной разведке производится перевод запасов категории  $C_2$  в категорию  $C_1$ . Рекомендуемая сеть для детальной разведки от 200-100x50-25 м. Для повышения точности оценки средней продуктивности залежей следует проводить сгущение сети скважин в профилях в области мешковой и крыльевой частей между балансовыми и забалансовыми сечениями до 25 м. При глубине залегания руд порядка 500 м и более дальнейшее ее сгущение обычно нецелесообразно, так как шаг скважин в профилях становится сопоставимым с отклонением их забоев от проекции устья за счет искривления. В условиях малых глубин иногда может оказаться полезной выборочная детализация до 10-15 м. Рудные тела изменчивы в пределах месторождения, и число скважин на единицу площади должно быть разным для различных его блоков.

Расстояние между скважинами в рациональной разведочной системе зависит от стадии разведки, характера разведочных скважин, физико-гидрогеологических условий месторождения, морфологии и размера рудного тела, характера полезного ископаемого. Но главным фактором, определяющим необходимую плотность разведочной сети, является степень и характер изменчивости месторождения и отдельных залежей полезного ископаемого, т.е. степень и характер сложности месторождения.

### Применение оперативной корректировки схемы вскрытия запасов и сооружения скважин.

Месторождения, обрабатываемые в НГМК способом подземного выщелачивания характеризуются сложной морфологией залежей, резкой контрастностью руд. Характерна извилистая заливообразная форма рудных залежей с резкими колебаниями ширины и четкой приуроченностью к границе выклинивания зоны пластового окисления. Поэтому при вскрытии геологических залежей технологическими скважинами фактический контур сооружаемых блоков, т.е. схема вскрытия, может существенно отличаться от предусмотренного проектом.

В связи со значительной изменчивостью и контрастностью руд на эксплуатируемых площадях, с целью более точного заложения схемы вскрытия в условиях усложненной морфологии залегания рудных тел, проводится бурение эксплуатационно-разведочных скважин. По их результатам непосредственно в процессе проведения вскрышных работ корректируется и уточняется схема вскрытия технологических блоков.

Подсчет вскрытых запасов производится для каждого эксплуатационного блока в отдельности в контуре, опирающемся на его внешние технологические скважины. В процессе разбуривания технологическими скважинами, контур промышленных запасов рудной залежи должен непрерывно оперативно уточняться и одновременно с ним должна корректироваться его схема вскрытия. Принцип его построения идентичен оконтуриванию геологических запасов при их разведке.

Оконтуривание рудных тел представляет собой один из наиболее важных и ответственных элементов геолого-экономической оценки месторождений. В начале выделяют, промышленный (балансовый, рабочий) и забалансовый контуры. Затем в пределах каждой группы запасов выделяют контуры запасов по категориям и наконец, в пределах последних - контуры подсчетных блоков. Обычно проводят только балансовые контуры, что нередко оправдано тем, что безрудный контур практически установить не удается. (рис. 3).

Наиболее надежным методом проведения любых контуров является метод оконтуривания по опорным точкам, т.е. непосредственно по точкам наблюдения и измерения геолого-промышленных параметров. При определении опорных точек промышленного контура различают два частных случая интерполяции разведочных данных:

- интерполяция между кондиционной и некондиционной скважинами;
- интерполяция между кондиционной и безрудной скважинами.

Формальный подход к вопросу оконтуривания недопустим. Погрешности в определении контуров приводят к серьезным ошибкам.

При оконтуривании разведанных площадей рудных залежей, значения погрешности запасов для урановых месторождений могут изменяться  $\pm 40-50\%$  для категорий  $C_2$ ,  $\pm 25-40\%$  для категорий  $C_1$  и  $\pm 10-15\%$  для категорий В.

Обрабатываемые месторождения имеют определенное преимущество перед разведываемыми, так как между разведочными профилями из-за погрешности геометризации площадей и изменчивости морфологии рудного тела, часто не подтверждаются площади геологических блоков, значения содержания урана, мощности рудного тела и обобщенные характеристики продуктивности линейных запасов.

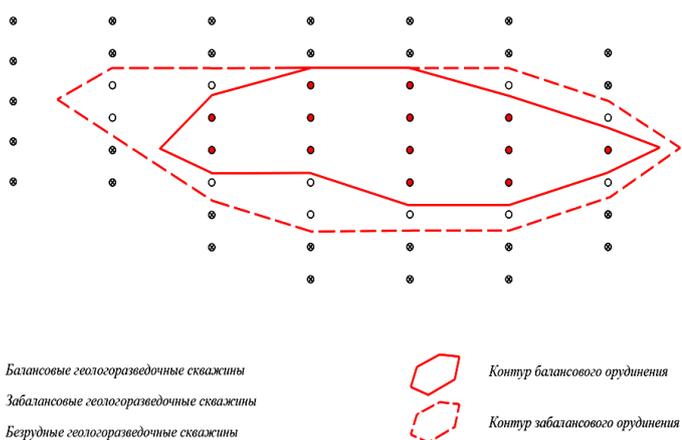


Рис. 3. Схема контуров балансового и забалансового оруденения

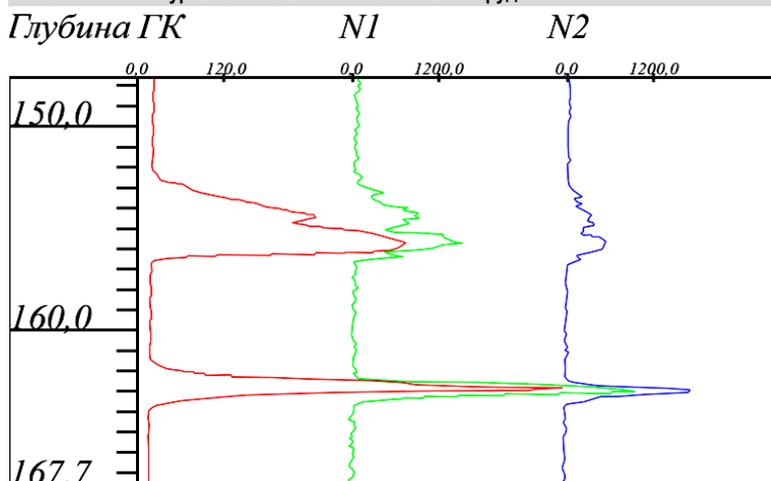


Рис. 4. Каротаж нейтронного деления

Таблица 1

Параметры бурения геотехнологических скважин

| Показатели       | Ед.изм. | Значение                |                         |
|------------------|---------|-------------------------|-------------------------|
|                  |         | Аномальный интервал № 3 | Аномальный интервал № 4 |
| Начало           | м.      | 152,7                   | 162,3                   |
| Конец            | м.      | 156,4                   | 163,3                   |
| Мощность         | м.      | 3,7                     | 1,2                     |
| Тау              | мкс.    | 216,30451               | 246,14401               |
| Влажность        | отн.ед  | 19,0                    | 19,0                    |
| K <sub>1</sub>   | г/см    | 0,48025                 | 0,48025                 |
| K <sub>s</sub>   |         | 88,27090                | 109,25751               |
| Содержание урана | %       | 0,06989                 | 0,12863                 |
| Метропроцент     | м%      | 0,25858                 | 0,15436                 |

Оконтуривание рудных тел на планах производится по бортовому метропроценту предусмотренным условиями. Внешний контур балансовых запасов должен опираться на точки, интерполированные на половину расстояния между «рудной» и «забалансовой» или на четверть расстояния между «рудной» и «безрудной» скважинами.

На промышленных стадиях добычи урана способом подземного выщелачивания при вскрышных работах в контуре залежи, оконтуренной по результатам геологоразведки, скважины могут оказаться безрудными, с некондиционным содержанием руды или рудное тело прослеживается за пределы разведанной залежи. При геологоразведочных работах расстояние между профилями, по категории С<sub>1</sub>, составляет 200-100 метров, а при сооружении геотехнологических скважин расстояние между рядами скважин сгущается до 20 метров, поэтому некоторые узкие контрастные рудные тела остаются невскрытыми при разведке или их контур определен недостаточно. С целью недопущения потерь полезного компонента, а также для предотвращения излишних затрат на дополнительное бурение геологоразведочных скважин, специалистами РУ-5

НГМК была разработана и внедрена в производство методика вскрытия запасов залежей урана со сложным морфологическим строением.

Произвести бурение эксплуатационно-разведочных скважин для уточнения контура рудных тел на вскрываемых залежах с резкой контрастностью оруденения не выходя за пределы границы горного отвода. В случае обнаружения руды, продолжит формирование ячеек от известного рудного тела до выклинивания по принятым условиям выявленного рудного оруденения. Если в эксплуатационно-разведочной скважине вскрытая руда окажется с высоким содержанием урана (кондиционной по тс), то эксплуатационно-разведочная скважина сооружается как откачная скважина. И соответственно вокруг этой откачной скважины формируются дополнительные закачные скважины и т.д. по простиранию ЗПО. Схема формирования ячеек будет выполняться по данным комплекса геофизических исследований скважин (ГИС). Основными исходными данными для подсчета вскрытых запасов являются результаты интерпретации гамма-каротажа скважин. Количественная интерпретация гамма-каротажа проводится согласно сравнения с данными опробования керны полученными при разведке.

Для уточнения правильности расчета дополнительно проводится каротаж нейтронного деления (КНД) который позволяет напрямую определить содержание урана в естественном залегании (исключается подъем керны со скважины для определения физических и химических параметров керновой пробы). (рис. 4)

Вышеуказанные работы выполняются в соответствии с требованиями Закона Республики Узбекистан «О недрах» и «Единых правил охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых». Вышеописанный способ вскрытия запасов месторождения обеспечит наиболее полное извлечение металла из недр. Проводимая доразведка и эксплуатационная разведка повышают достоверность разведанных запасов, изученность горно-геологических условий отработки месторождений, способствуют укреплению минерально-сырьевой базы предприятия.

В случае прослеживания рудного тела за пределами границы горного отвода, вскрытие продолжается после того как к плану развития горных работ будут оформлены изменения и дополнения в установленном порядке.

Основной целью данной методики является максимальное и экономически целесообразное извлечение из недр полезного ископаемого, недопущение потерь полезных ископаемых, предусмотренные меры по оптимизации потерь, внедрение в производство прогрессивных технологических решений, а также уточнение достоверности разведанных запасов, осуществление доразведки, проведение эксплуатационной разведки и других опытных работ на промышленных стадиях, параллельно с выполнением основных производственных задач.

В настоящее время вышеуказанная схема отработки месторождений применяется в РУ-5 и дает весомый экономический эффект, позволяя более рационально и эффективно проводить вскрышные работы для обеспечения добычи металла.

В качестве наглядного примера предложенной технологии вскрытия запасов приведем пример вскрытия геологического блока 6-7-С<sub>1</sub> месторождения Северный Канмех. (рис. 5).

На основании данных геологоразведки прорисовывается проектная схема сооружения геотехнологических скважин по сети 40х40х40м. Проектная схема выделена синим цветом, внутри очерченных контуров размещены откачные скважины, по линиям контура закачные.

Изменение схемы вскрытия происходит непосредственно при выполнении технологического бурения и выявлении балансового оруденения за пределами проектной схемы.

Рассмотрев соответствие фактической сети вскрытия с плановым проектом можно увидеть, что произошли изменения проектной схемы

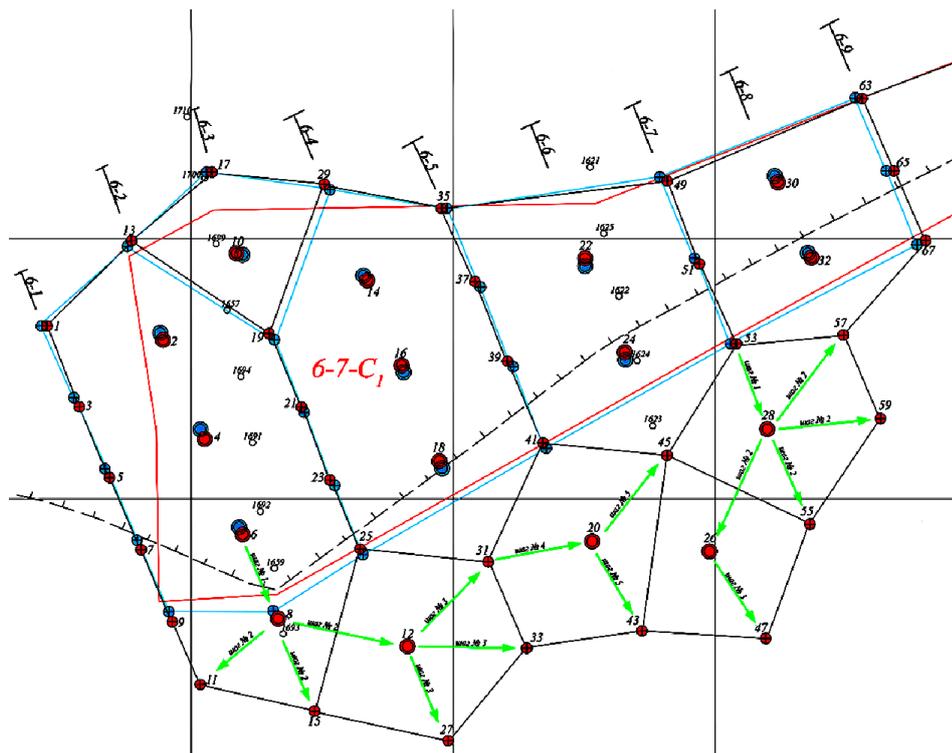


Рис. 5. План сопоставления проектируемого геотехнологического блока и фактически вскрытого с указанием последовательности действий при вскрышных работах

вскрытия и расположения скважин на вскрываемых блоках в зависимости от характера изменения рудного тела. Причиной этому послужило вскрытие некондиционных и безрудных пересечений в пределах геологического контура и подсечение кондиционных фрагментов рудного тела за пределами рудного контура и контура проектной схемы вскрытия. В некоторых случаях скважина, ранее проектировавшаяся как откачная-насосная, вскрыта некондиционным пересечением в пределах геологического контура, в результате была сооружена как

закачная, работающая на другую кондиционную откачную скважину и далее пропадает необходимость в сооружении ранее проектировавшихся закачных скважин. Аналогичные ситуации происходят с закачными скважинами, ранее проектировавшимися как закачные скважины, расположенные за пределом геологического контура, вскрыта с кондиционным рудным пересечением, в результате была сооружена как откачная скважина. Далее, для перекрытия руды вокруг откачной скважины, появляется необходимость в сооружении закачных скважин по ряду которые вскрывают кондиционное пересечение. В этом случае вскрытие продолжается до обнаружения некондиционных пересечений.

Применяемая методика в практике показала, что между разведочными профилями часто происходит изменение геометрии рудного тела при не подтверждении линейных запасов. Поэтому целесообразно использовать настоящую методику, чтобы уточнить случайные погрешности параметров между разведочными и промышленными, для извлечения продукции из недр максимально и без потерь. После уточнения и обоснования всех необходимых параметров устанавливается фактический контур для будущей отработки и фактическое количество подготовленных запасов в контуре. Метод оперативного определения от известного расположения рудного тела является основным и верным источником на предприятии для подсчета и извлечения металла из недр.

Настоящая методика снижает экономический ущерб от неопределенности информации, не допускает сверх нормативной потери подготовляемых запасов.

### Библиографический список:

- 1.Аренс В.Ж., Гайдин А.М. Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых. М.: Недра, 1978. 215 с.
- 2.Кедровский О.А. Комплексы подземного выщелачивания. - М. Недра, 1992, 264 с.
- 3.Мамилев В.А., Петров В.А. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. - М. Атомиздат, 1980. - 248 с.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №3 (82) pp. 4-8

### IMPROVEMENT OF STOCK OPENING DIAGRAM OF URANIUM DEPOSITS WHEN INVOLVING IN PROCESSING BY METHOD UNDERGROUND LEACHING

- <sup>1</sup>Alikulov Sh.Sh., DSc, Head of the Department  
<sup>2</sup>Akhadov Kh.R., The main geologist, the mine department -5  
<sup>1</sup>Xalimov I.U., Head of department, Ph.D. associate professor,  
<sup>1</sup>Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan  
<sup>2</sup>Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

#### Abstract:

Uranium deposits of the Kyzylkum region, related to deposits of reservoir-infiltration or "sandstone" type and developed by the PV method, are formed mainly due to the occurrence of exogenous-epigenetic processes in permeable rocks of the sedimentary cover. Research in practice shows that between the exploration characteristics often changes in the geometry of the ore body in the absence of confirmation of linear reserves.

Therefore, use the present methodology to clarify the random errors of the parameters between exploration and industrial, to extract products from the bowels as much as possible and without loss. After clarification and justification of all necessary parameters, the actual circuit for future mining and the actual amount of prepared reserves in the circuit are established. The method of operational determination of the known location of the ore body is the main and correct source in the enterprise for the calculation and extraction of metal from the bowels.

This methodology reduces the economic damage from the uncertainty of information, does not allow over the normative loss of prepared reserve.

**Keywords:** Uranium, geology exploration, underground leaching, linear uranium reserves, ore contour.

#### References

1. Arens V.Zh., Gaidin A.M. Geological and hydrogeological basis of geotechnological methods of mining. M.: Nedra, 1978. - 215 p.
2. Kedrovsky O.A. Underground leaching complexes. - M. Nedra, 1992, - 264 p.
3. Mamilov V.A., Petrov V.A. and others. Underground leaching of uranium. - M. Atomizdat, 1980. - 248 p.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ ПОГРУЖНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ РУДНИКОВ ПВ

*Maqolada kon sharoitida suv osti nasos agregatlarini montaj-demontaj ishlarini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Yer osti ishqorlash texnologik qudug'ida o'qiy chuqurlik va belgilangan chuqurlik chegarasida nasos jihozi uskunasi uzunligini aniqlashga bog'liq holda quduq stvolidagi asbobni kuzatish uchun har xil uskunalar va usullarning tahlili natijalari keltirilib o'tilgan. UMPN- "Oqqush" tipli uskunalar orqali quduqlarda nasos uskunalarini montaj – demontaj ishlarini takomillashtirish uchun mo'ljallangan uskunaning prinsipial konstruktiv sxemasi tasnifi va ishlab chiqilgan texnik yechimning texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlari, ish printsipi va konstruktiv elementlari.*

**Tayanch iboralar:** kon, yer osti ishqorlash, texnologik quduq, suv osti nasosi, o'rnatish chuqurligi, nasos agregatini montaj-demontaj qilish, montaj uskunasi, usul, yo'l, chuqurlik o'lchagichi, kabel, baraban.

*В работе рассмотрены вопросы совершенствования монтажно-демонтажных работ погружных насосных агрегатов в условиях рудников. Приведены результаты проведенного анализа различных способов и устройства для слежения за инструментом в стволе скважины, в зависимости от осевой глубины и определения длины установки насосного оборудования в заданных пределах глубины в технологической скважине подземного выщелачивания руды. Описание, конструктивные элементы, принцип работы и технико-экономические показатели разработанного технического решения и принципиальной схемы конструкции устройства для оптимизации монтажно-демонтажных работ насосов в откачные скважины установками типа УМПН – «Лебедь».*

**Ключевые слова:** рудник, подземное выщелачивание, технологическая скважина, погружной насос, длина установки, монтаж-демонтаж насосного агрегата, монтажная установка, метод, способ, измеритель глубины, кабель, барабан.

**Махмудов А.М.,**  
заведующий кафедрой  
«Горная электромеханика»  
НГГИ, к.т.н., доцент



**Курбонов О.М.,**  
докторант НГГИ



**Сафарова М.Д.,**  
магистрант 2 курса  
НГГИ



Достижение эффективности разработки урановых месторождений способом подземного выщелачивания обеспечивается точной установкой в технологической скважине насосного оборудования в заданных пределах глубины, которые определяются параметрами гидростатических и гидродинамических давлений в скважине и является актуальной научно-практической задачей.

На практике для решения этой задачи применяются различные способы и устройства для слежения за инструментом в стволе скважины, в зависимости от осевой глубины и определения длины установки насосного оборудования в заданных пределах глубины в технологической скважине подземного выщелачивания руды [1].

Самым распространённым способом и устройством являются механические измерители длины кабеля, когда источником сигнала является механическое перемещение. Счётчик хода считает возвратно-поступательные движения рычага; счётчик длины использует для этого мерное колесо; счётчик числа оборотов сопряжен с приводом. Счетчики для измерения длины механического типа бывают контактными и бесконтактными [6].

Контактные измерители определяют длину путем механического контакта измерительного устройства и измеряемого материала.

Бесконтактные лазерные или электронно-оптические измерители длины являются высокотехнологичными устройствами имеющие самые точные классы и имеет ограниченное распространение в кабельных измерениях из-за высокой стоимости работ.

Колесные измерители длины с электронным счетчиком импульсов являются самым распространенным и перспективным классом устройств, которые включают в себя как механические, так и электронные компоненты. Многие типы таких измерителей способны не только регистрировать длину размотанного кабеля, но и руководить электродвигателями, несущими ответственность за размотку бухты с кабелем [8]. На производственных предприятиях по добыче урановых руд способом подземного выщелачивания, для решения задачи перед пуском в скважину комплекса насосного оборудования и гибких трубопрово-

дов, на поверхности скважины прокладывается трубопровод на всю длину и производится замер длины их механическим счётчиком. Механический счётчик длины состоит из измерительного устройства, которое установлено на раме с приспособлением для пропускания измеряемого материала. В таких счётчиках измерителем является мерное колесо, которое катится по измеряемому кабелю и определяет его длину.

В зависимости от типа устройства счётчик метража может иметь механическое или электронно-механическое исполнение. Механический измеритель длины является устройством, которое переводит показатели замеров в определенное значение длины по средствам коэффициента пересчета.

Электронно-механический измеритель имеет датчики, которые реагируют на метки, расположенные на торце колеса. При замере сигнал с этих меток подается на электронный блок, который преобразует информацию и выводит ее в привычном виде на табло. Это довольно трудоемкий процесс и не всегда обеспечивается точная глубина установки насосного оборудования по глубине скважины [7].

В результате исследований было разработано техническое решение и принципиальная схема конструкции устройства для оптимизации монтажно-демонтажных работ насосов в откачные скважины установками типа УМПН – «Лебедь». При этом разработанное устройство можно отнести к устройствам для определения длины установки насосного оборудования в заданных пределах глубины в технологической скважине подземного выщелачивания руды. Аналогами разработанного способа являются методы, основанные на слежении за инструментом в стволе скважины в зависимости от осевой глубины, которое является расстоянием от поверхности (устья скважины) вдоль оси скважины до местоположения инструмента.

Недостатком этих устройств является большая трудоемкость, связанная с внесением в конструкцию подъемных агрегатов дополнительного оборудования, нуждающегося в квалифицированном обслуживании, низкая точность измерений.

Известный способ измерения длины и скорости перемещения колонны труб при спускоподъемных операциях и устройство для его осуществления (РФ №2324812 МПК E21B 44/00, 19/00). В этом случае колонну труб, соединяемых между собой, спускают в скважину канатной лебедкой, снабженной измерителем веса на талевом блоке, определяют холостые пробеги талевого блока по показаниям измерителя веса. При этом перемещения колонны во времени и пространстве фиксируют видеокамерой по перемещению мишени, закрепленной на талевом блоке канатной лебедки [9].

Однако этот метод характеризуется применением дорогостоящих приборов контроля с возможностью одновременного обзора верхнего и нижнего положения мишени при перемещении колонны, мишень поочередно располагают в нижнем и верхнем положениях и это довольно трудоёмкий процесс.

Наиболее близким изобретением по способу и устройству автономного контроля глубины для скважинного оборудования (патент № 2461708 МКП E21B47/04, G01B21/18) относится устройство для управления скважинными инструментами в зависимости от их глубины в скважине [10].

Показатель глубины обычно определяется путем измерения длины кабеля, опущенного в ствол скважины, и длины намотанного кабеля. Эти измерения проводятся на поверхности, когда кабель пропускается через комплексную систему измерения глубины с роликом (прототипом полезной модели является надскважинная часть устройства). Однако в измерениях с помощью этого устройства существуют ограничения по диаметру кабелей и погрешности по отношению к реальной глубине измерительных инструментов.

Техническое решение оптимизации монтажно-демонтажных работ насосов в откачные скважины установками типа УМПН – «Лебедь».

Устройство относится к области горного машиностроения, в частности к установкам «Лебедь», применяемые для сооружения скважин и установки погружного насосного оборудования на определённой глубине скважины. Данные установки монтированы на шасси автомобиля ЗИЛ-131 и используются при разработке урановых месторождений способом подземного выщелачивания. Кроме этого оно относится к устройствам для определения длины установки насосного оборудования в заданных пределах глубины в технологической скважине подземного выщелачивания руды. Техническим результатом является повышение точности измерения глубины и управление скважинным насосным оборудованием на точной глубине во время скважинных операций.

Задачей устройства является расширение функциональных возможностей установок «Лебедь» путём применения специального устройства для пропускания полиэтиленовых трубопроводов и кабелей через зазор между двумя цилиндрическими роликами, позволяющие точно определить их длину, а также места установки насосного оборудования по глубине скважины.

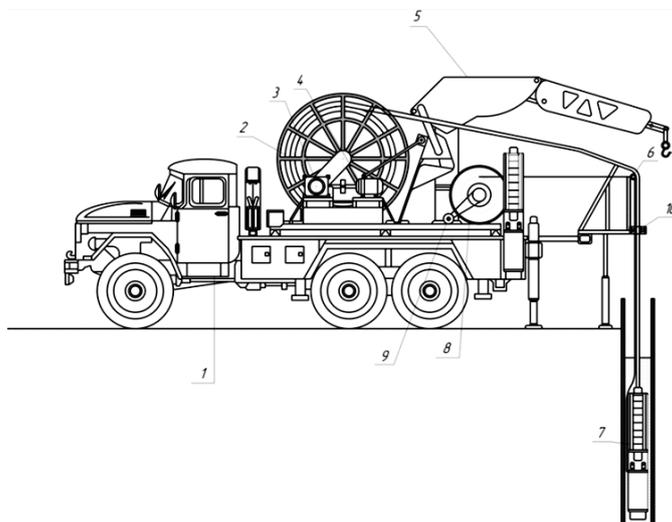
Устройство для измерения глубины установки колонны погружных насосов состоит из основания, двух вращающихся вокруг своей оси цилиндрических роликов (один из них неподвижный, а другой можно изменять в плоскости перпендикулярной длине трубопровода) и закреплённой к неподвижному ролику через муфту устройства одометра.

Техническим результатом является повышение точности измерения глубины и управления скважинным насосным оборудованием на точной глубине во время скважинных операций.

Целью устройства является расширение функциональных возможностей устройства для определения длины установки насосного оборудования в заданных пределах глубины в технологической скважине путём изменения зазора для пропускания различных по диаметру полиэтиленовых гибких трубопроводов в процессе спуска колонны насосного оборудования.

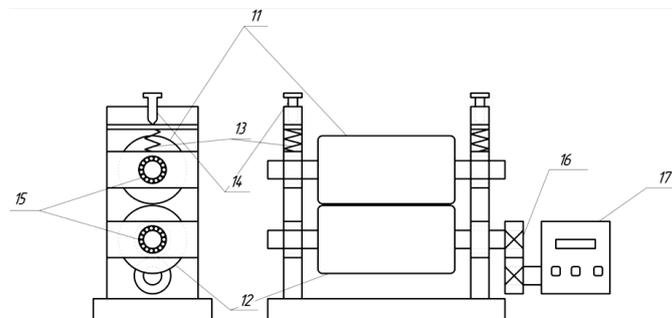
Это достигается тем, что пропускание полиэтиленовых трубопроводов и кабелей производится через зазор между двумя цилиндрическими роликами и производством замеров показателей одометра, позволяющие точно определить их длины, а также места установки насосного оборудования по глубине скважины.

Ниже на схеме изображена конструктивная схема установки «Лебедь» для спуска и подъёма насосной колонны при сооружении и ремонте геотехнологических скважин, в которой вмонтировано устройство полезной модели, предназначенное для измерения длины полиэтиленовых трубопроводов и кабелей, позволяющее определить точное место установки насосного оборудования (рис.1).



**Рис.1. Конструктивная схема установки типа УМПН – «Лебедь»:**  
1-шасси автомобиля ЗИЛ-131; 2-шланг полиэтиленовый; 3-редуктор; 4-электродвигатель барабана шланга; 5-гидрокран; 6-направляющая полиэтиленового шланга; 7-погружная насосная установка; 8-барабан электрокабеля; 9-электродвигатель барабана электрокабеля; 10- механический измеритель глубины установки колонны погружного насоса

Отличительным признаком устройства является то, что на самой установке «Лебедь» будет устроен механический измеритель глубины установки колонны погружного насоса 10 (рис. 2).



**Рис.2. Принципиальная схема устройства для измерения глубины установок погружных насосов**

На рис. 2. показана принципиальная схема устройства для измерения глубины установки погружных насосов. В разработанном устройстве предусмотрено что, при выполнении процесса монтажа глубинного насосного агрегата шланговые трубы и кабель пропускаются через зазор между подвижным (11) и неподвижным (12) роликами. Регулирование параметров зазора осуществляется с помощью прижимной пружины (13) и фиксатора контроля толщины и диаметра измеряемого трубопровода (14). Передача вращения неподвижного ролика, ось которого имеет жесткую связь с помощью подшипникового узла (15) и зубчатой передачи (16) осуществляется к одометру (17), показание которого позволяет точно определить глубину установки насосного оборудования.

Данное устройство механического измерения глубины установки колонны погружного насоса, позволяет повысить точность измерения глубины и управления скважинным насосным оборудованием на точной глубине во время выполнения скважинных операций.

Технико-экономическое обоснование разработанного устройства и рекомендации по совершенствованию монтажно-демонтажных работ погружных насосных агрегатов в условиях рудников ПВ осуществляется расчётом потребления электроэнергии.

Расчет потребления электроэнергии за смену при монтажно-демонтажных работах погружных насосных агрегатов в предлагаемом варианте определяется по формуле:

$$W_{\text{цикл}} = P_p \cdot \text{КИО} \cdot t = 7,693 \cdot 0,85 \cdot 0,09 = 0,58, \quad \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

где: КИО = 0.85 коэффициент использования оборудования по времени;

$t = 0,09$  час (5,5 минут) продолжительность расчетного периода наматывания шланга на барабан установки при одном цикле монтажных и демонтажных работ;

$P_p$  расчетная мощность электродвигателя барабана, установленного в установке УМПН - «Лебедь», которая определяется по следующему выражению:

$$P_p = \sqrt{3} \cdot I_{\phi} \cdot U \cdot \cos\varphi = 1,73 \cdot 14,1 \cdot 380 \cdot 0,83 = 7,693, \quad \text{кВт}$$

где:  $I_{\phi} = 14$  А фазный ток определенный на основе теоретических и экспериментальных анализов.

Одна установка типа УМПН - «Лебедь» за сутки совершает в среднем 6 циклов монтажных и демонтажных работ. Тогда расчёт потребляемой электроэнергии определяется следующим образом:

$$W_{\text{сут}} = W_{\text{цикл}} \cdot H = 0,58 \cdot 6 = 3,48, \quad \text{кВт} \cdot \text{ч/сут}$$

где: H- среднее число монтажных и демонтажных работ в одной установке УМПН - «Лебедь» за одни сутки.

Годовой расход электроэнергии на монтажно-демонтажные работы одной установки типа УМПН-«Лебедь» определяется по выражению:

$$W_{\text{год}} = W_{\text{сут}} \cdot G = 3,48 \cdot 365 = 1270,2, \quad \text{кВт} \cdot \text{ч в год}$$

Результаты расчётов экономии электроэнергии за счет внедрения предлагаемого устройства для монтажно-демонтажных работ погружных насосных агрегатов приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Расчет капитальных затрат на установку типа УМПН-«Лебедь»

| № п/п         | Наименование статей затрат          | Тыс. сум     |
|---------------|-------------------------------------|--------------|
| 1             | Приобретение предлагаемых устройств | 350          |
| 2             | Пуско-наладочные работы (17%)       | 59,5         |
| 3             | Доставка оборудования (10%)         | 35           |
| <b>Итого:</b> |                                     | <b>444,5</b> |

Таблица 2

Затраты и экономия на одну установку УМПН-«Лебедь»

| Наименование статей   | Размерность | УМПН-«Лебедь» |
|---|-------------|---------------|
| <b>Потребляемая электроэнергия при обычном режиме</b>                   |             |               |
| Объем потребляемой электроэнергии в год                                 | кВт*ч/год   | 2935,7        |
| Цена за кВт*ч электроэнергии с НДС                                      | сумм/кВт*ч  | 328,00        |
| Стоимость потребляемой электроэнергии                                   | сумм/год    | 962 909,6     |
| <b>Потребляемая электроэнергия при предлагаемом варианте и экономия</b> |             |               |
| Объем потребляемой электроэнергии в год                                 | кВт*ч/год   | 1270,2        |
| Стоимость потребляемой электроэнергии                                   | сумм/год    | 416 560       |
| Экономия электроэнергии в год   | сумм/год    | 546 448       |

Расчет кумулятивного денежного потока и периода окупаемости вложений

| Экономический эффект                | Ед. изм. | Годы    |         |         |           |           |
|-------------------------------------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|                                     |          | 2020    | 2021    | 2022    | 2023      | 2024      |
| Снижение эксплуатационных затрат    | сум      | 546 448 | 546 448 | 546 448 | 546 448   | 546 448   |
| Минус амортизация                   | сум      | 120 218 | 120 218 | 120 218 | 120 218   | 120 218   |
| Чистая прибыль                      | сум      | 426 230 | 426 230 | 426 230 | 426 230   | 426 230   |
| Минус капитальные затраты           | сум      | 444 500 | 18 270  | 0,0     | 0,0       | 0,0       |
| Чистый поток денежных средств       | сум      | -18,270 | 407 960 | 426 230 | 426 230   | 426 230   |
| Кумулятивный поток денежных средств | сум      | 0       | 407 960 | 834 190 | 1 260 420 | 1 686 650 |
| Период окупаемости                  | год      | 1       | 0       | 0       | 0         | 0         |

Анализом опыта эксплуатации установлено, что годовой расход электроэнергии за монтажно-демонтажные работы погружных насосных агрегатов по существующему способу в обычном режиме установками типа УМПН - «Лебедь» составляет около 2935 кВт\*ч в год.

Расчет кумулятивного денежного потока и периода окупаемости вложений приведён в табл. 3 и определена зависимость изменения потребления мощности по годам эксплуатации разработанного устройства типа УМПН - «Лебедь» при монтажно-демонтажных работах погружных насосных агрегатов (рис.3).

При внедрении разработанного технического решения оптимизации монтажно-демонтажных работ насосов в откачные скважины установками типа УМПН - «Лебедь» экономия электроэнергии для одной установки составляет:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 2935,7 - 1270,2 = 1665,5, \quad \text{кВт} \cdot \text{ч в год}$$

Эффективность разработки урановых месторождений способом подземного выщелачивания зависит от точной установки в технологической скважине насосного оборудования в заданных пределах глубины, которые определяются параметрами гидростатических и гидродинамических давлений в скважине.

На производственных предприятиях для достижения такой задачи перед пуском в скважину комплекса насосного оборудования и гибких трубопроводов, на поверхности скважины прокладывается трубопровод на всю длину и производится замер их длины. Это довольно трудоёмкий процесс и не всегда обеспечивается точная глубина установки насосного оборудования по глубине скважины.

Предлагаемое устройство механического измерителя глубины установки колонны погружного насоса, позволяет повысить точность измерения глубины и управления скважинным насосным оборудованием на точной глубине во время выполнения скважинных операций.

Использование рекомендуемого оборудования способствует экономии более 57% электроэнергии в год при монтажно-демонтажных работах погружных насосных агрегатов.

Установка предлагаемого устройства на установку типа УМПН-«Лебедь» кроме экономической эффективности по электроэнергии дополнительно сокращает время подготовительных работ монтажа или демонтажа погружных насосных агрегатов.

Ожидаемая годовая экономия от внедрения предлагаемого устройства составит в среднем 426230 сум в год.

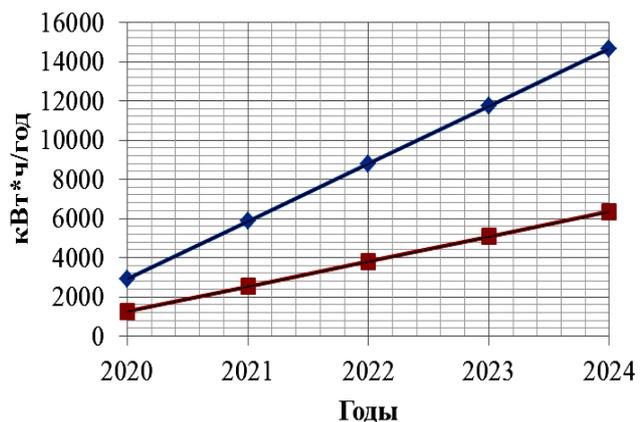


Рис.3. Изменение энергоэффективности применения устройства для измерения глубины установки погружных насосов по годам эксплуатации

Таблица 3

## Библиографический список:

1. Лобачев. П.В. «Насосы и насосные станции» М. 2000. - 376 с.
2. Быстрицкий Г. Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебное пособие / Г. Ф. Быстрицкий. - 2-е издание., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 304 с.
3. Герасимов В. Г. Электротехнический справочник: в 4 т. / под общей редакцией профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 4 с.
4. Кожевников Н. Н. Экономика в энергетике: учебное пособие / под редакцией Н. Н. Кожевникова. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. 384 с.
5. Махмудов А.М., Худайбердиев Ш.М. Определение основных параметров энергоэффективности работы насосных установок в технологии подземного выщелачивания Науч. – техн.и произв.журнал «Горный вестник Узбекистана» - Навоий, 2012. -(3) №50. -С. 73-75
6. Петровых Л. В., Марченко А. Ю., Иващенко Е. П., Марченко М. Ю., Салтанов С. Н., Баринов И. М., Викулов Е. А. «Определение необходимой глубины регулирования водоотливных установок в условиях завышенного напора насосов» Известия Уральского государственного горного университета. № 4(40), 2015. С. 62-66
7. Стефанович Б.Ж. Васильевич П.В. «Применение прибора «измеритель длины» в лесном инжиниринге» Науч. – техн.и произв.журнал «Актуальные проблемы лесного комплекса» 2004. С. 15-18
8. Г.С. Гынгазова, Д.В. Миляев, Н.И. Ермошин «Разработка измерителя длины немагнитных протяженных изделий вихретоковым методом» «Вестник науки Сибири» 2013. № 1 (7)- С. 117-128
9. Способ и устройства измерения длины и скорости перемещения колонны труб при спускоподъемных операциях (патент РФ № 2324812 МПК E21B 44/00, 19/00). Дата регистрации 10.08.2016 г.
10. Устройства автономного контроля глубины для скважинного оборудования (патент РФ № 2461708 МКП E21B47/04 G01B21/18). Дата регистрации 20.09.2012 г.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 9-12

### TECHNICAL SOLUTIONS FOR IMPROVING INSTALLATION AND DISMANTLING OF SUBMERSIBLE PUMPING UNITS IN UNDERGROUND LEACHING MINES

<sup>1</sup>Makhmudov A.M., Head Department of Mining Electromechanics, Ph.D., Associate Professor, maxmudov-azamat@inbox.ru

<sup>1</sup>Kurbonov O.M., doctoral student, oybek7001@mail.ru

<sup>1</sup>Safarova M.D., graduate student, agent7001.oq@gmail.com

<sup>1</sup>Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

#### Abstract:

The paper deals with the issues of improving the installation and dismantling of submersible pumping units in the conditions of mines. The results of the analysis of various methods and devices for tracking the tool in the borehole, depending on the axial depth and determining the length of installation of pumping equipment within the specified depth limits in the process well of underground leaching of ore are presented. Description, design elements, operating principle and technical and economic indicators of the developed technical solution and the schematic diagram of the device design for optimizing the installation and dismantling of pumps in pumping wells with installations of the UMPN – "Swan" type.

**Keywords:** Mine, underground leaching, production well, submersible pump, installation length, installation and dismantling of the pump unit, installation installation, method, method, depth gauge, cable, drum, odometer.

#### References

1. Lobachev. P.V. "Pumps and pumping stations" M. stroizdat. 2000. 376 p.
2. Bystritsky G. F. Power equipment of industrial enterprises: a training manual / G. F. Bystritsky. - 2nd building., Erased. - M.: Publishing Center "Academy", 2005. - 304 p.
3. Gerasimov V. G. Electrotechnical reference book: in 4 volumes / under the general editorship of MEI professors V. G. Gerasimov and others (ch. Ed. A. I. Popov). - 9th ed. - M.: Publishing House MPEI, 2004. - 4 p.
4. Kozhevnikov N. N. Economics in the energy sector: a training manual / edited by N. N. Kozhevnikov. - M.: Publishing Center "Academy", 2003. 384 p.
5. Makhmudov A.M., Khudayberdiev Sh.M. Determination of the main parameters of the energy efficiency of pumping units in the technology of underground leaching Scientific. - technical and production journal "Mountain Herald of Uzbekistan" - Navoi, 2012. - (3) No. 50. – pp. 73 - 75
6. Petrov L.V., Marchenko A. Yu., Ivaschenko E.P., Marchenko M. Yu., Saltanov S.N., Barinov I.M., Vikulov E.A. in conditions of high pressure pumps »News of the Ural State Mining University. No. 4 (40), 2015. pp. 62-66
7. Stefanovich B.Zh. Vasilievich P.V. "The use of the device" length meter "in forest engineering" Scientific. - technical and production journal "Actual problems of the forest complex" 2004.pp. 15-18
8. G.S. Gyngazova, D.V. Milyaev, N.I. Ermoshin "Development of a length meter for non-magnetic extended products by the eddy-current method" "Bulletin of the Siberian Science" 2013. No. 1 (7) - pp. 117-128
9. The method and device for measuring the length and speed of movement of the pipe string during tripping (RF patent No. 2324812 IPC E21B 44/00, 19/00). Registration date 08/10/2016
10. Autonomous depth control devices for downhole equipment (RF patent No. 2461708 MKP E21B47 / 04 G01B21 / 18). Registration date 09/20/2012

## ЭКСТРАКЦИОННАЯ ОЧИСТКА КОНЦЕНТРАТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТ ПРИМЕСЕЙ И ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

*Maqolada noyob tuproq elementlari konsentratlarining aralashmalardan va tabiiy radi-onuklidlardan ekstraksiya bilan tozalash bo'yicha eksperimental tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Tadqiqot doirasida konsentratlarni tozalash texnologiyasi ishlab chiqilgan:*

*Eksperimental tadqiqotlar ekstraksiya usuli bilan noyob tuproq elementlari konsen-tratlarini aralashmalardan va tabiiy radionuklidlardan samarali tozalash imkoniyatini ko'r-satdi.*

**Tayanch iboralar:** fosforik kislotla trutil esteri (TBP), organik faza, suvli faza, ammoniy karbonat (UAS), samarali faoliyat (Aeff).

*В статье представлены результаты экспериментальных исследований по экстракционной очистке концентратов редкоземельных элементов от примесей и природных радионуклидов. В рамках исследований разработана технология очистки концентратов.*

*Проведенные экспериментальные исследования показали возможность эффективной очистки концентратов редкоземельных элементов от примесей и природных радионуклидов экстракционным методом.*

**Ключевые слова:** трибутиловый эфир фосфорной кислоты (ТБФ), органическая фаза, водная фаза, углеаммонийная соль (УАС), эффективная активность (Аэфф).

**Петухов О.Ф.**,  
зам. начальника ЦНИЛ НГМК  
по урану, редким и редкозе-  
мельным металлам,  
Д. Т. Н.



**Рузиев Б.Т.**,  
начальник ГТЛ по урану  
ЦНИЛ НГМК



**Шарафутдинов У.З.**,  
зам. начальника  
инновационного центра  
НГМК, к. т. н., доцент



Редкоземельные металлы занимают особое место в развитии промышленности и являются неотъемлемой частью современной металлургии, микроэлектроники, медицины, космической промышленности. Крупнейшие в мире месторождения оксидов редкоземельных элементов расположены в Китае, США, Австралия, Индии. Основная часть этих минералов содержит так называемые легкие редкие земли, которые имеют наибольший спрос на рынке, к тому же они более доступны по цене. К легким редкоземельным металлам относятся такие химические элементы как лантан, церий, празеодим, неодим, самарий, европий и гадолиний. Одним из источников редкоземельных металлов могут являться оборотные растворы уранового производства (маточники сорбции урана). РЗМ могут извлекаться из маточных растворов сорбционными методами на сильнокислотные катиониты. Полученные по сорбционной схеме оксалатные концентраты содержат 2-12% суммы оксидов РЗЭ. Измерения эффективной удельной активности гамма спектрометром «ПРОГРЕСС-ГАММА» показало эффективную активность 1500÷6000 Бк/кг. Эффективная удельная активность концентрата является преимущественно Ra-Th природы. Основную долю активности в исходный концентрат вносит изотоп <sup>226</sup>Ra.

Цель работы заключалась в экстракционной очистке концентратов РЗМ от примесей и природных радионуклидов.

Для очистки концентратов РЗЭ от содержащихся примесей (Fe, Ca, Mg, Al), а также природных радионуклидов был выбран метод жидкостной экстракции в системе «ТБФ (100%)-нитратные растворы РЗЭ-высаливатель», который имеет ряд некоторых преимуществ:

- высокая селективность экстрагента к РЗЭ, особенно в азотнокислых растворах;

- высокая емкость экстрагента по РЗЭ (до 120 г/л по ΣРЗО), позволяющая уменьшить удельные потоки производства и рабочие объемы оборудования;

- возможность использования для экстракции неразбавленного экстрагента. Отсутствие органических разбавителей в процессе экстракции (парафины, керосин).

Исследования проводились на 40-ступенчатой лабораторной экстракционной установок непрерывного действия изготовленном АО «ГК «Русредмет» (Россия).

Так как концентраты получены в виде оксалатов РЗЭ, использовали термообработку с целью получения хорошо растворимых в азотной кислоте карбонатов РЗЭ.

Для определения зависимости извлечения РЗЭ в раствор от температуры прокаливания оксалатного концентрата были проведены исследования по прокалики при температурах 450, 700 и 900 °С, затем прокаленный материал был растворен в 57% азотной кислоте. Результаты представлены в табл. 1.

По результатам табл. 1 видно, что степень извлечения ΣРЗО зависит от температуры прокалики. Железо и алюминий при растворении осадков в азотной кислоте независимо от температуры прокалики оксалатного концентрата переходит в раствор более чем на 90%. При растворении концентрата прокаленного при 450 °С наблюдалось газо-выделение, что говорит о том, что большая часть оксалатов РЗЭ при таком режиме прокалики перешла в карбонаты. Также отмечено, что при растворении концентрата прокаленного при 450 °С раствор после введения всей навески концентрата в кислоту был практически прозрачным (растворился весь концентрат).

Таблица 1

| Концентрат            | Извлечение РЗЭ в раствор при растворении в HNO <sub>3</sub> |      |      |              |      |      | Принимаемое извлечение ΣРЗО, % |
|-----------------------|---|------|------|--------------|------|------|--------------------------------|
|                       | по раствору, %  |      |      | по осадку, % |      |      |                                |
|                       | ΣРЗО  | Fe   | Al   | ΣРЗО         | Fe   | Al   |                                |
| оксалатный концентрат | 54,8  | 63,4 | 46,7 | 62,7         | 94,5 | 95,6 | 62,7                           |
| прокалка при 450 °С   | 85,6  | 48,6 | 27,4 | 94,3         | 97,2 | 99,4 | 94,3                           |
| прокалка при 700 °С   | 72,6  | 46,0 | 26,0 | 89,5         | 96,4 | 99,6 | 89,5                           |
| прокалка при 900 °С   | 66,3  | 57,5 | 38,0 | 76,3         | 92,5 | 96,8 | 76,3                           |

Таким образом была показана предварительная возможность растворить оксалатный концентрат без остатка после его термообработки при 450°C в течение 3 ч.

Растворы для запуска экстракционного каскада получали следующим образом: в реактор заливалось расчетное количество азотной кислоты (57,9%, 1,355 г/см<sup>3</sup>, ~784 г/л), затем при перемешивании загружалась навеска (обожженного 450°C) концентрата, добавлялось расчетное количество воды. После этого раствор нагревался до температуры 75-85°C, выдерживался и фильтровался. Осадок промывался на фильтре водой из расчета Т:Ж=1:1 (об.), промывная вода присоединялась к фильтрату.

Для уменьшения количества технологических процессов, операция растворения концентрата была совмещена с дезактивацией. После нагрева пульпы до температуры 75-85°C в пульпу вводили расчетное количество раствора BaSO<sub>4</sub> в качестве осадителя радиоактивных изотопов.

Для расчета необходимого количества ступеней каскада в экстракционном и промывном контуре, а также соотношений О:В на экстракции и промывке были определены в статическом режиме коэффициенты распределения РЗЭ между органической и водной фазой для РЗЭ и основных примесей.

Предварительное определение коэффициентов распределения РЗЭ и примесей вели раствором следующего состава, г/л: ΣРЗО-8,1; Са-4,6; Fe-3,2; HNO<sub>3</sub>-170,1. Органическую фазу перед контактом последовательно обрабатывали раствором карбоната-бикарбоната аммония (75 г/л (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 35 г/л NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>) при О:В=2,5:1 в течение 3-х минут – 2 контакта и раствором HNO<sub>3</sub> (~280 г/л) при О:В=4:1 в течение 3-х минут – 2 контакта.

Затем подготовленную органическую фазу последовательно контактировали с исходным раствором при О:В=1:1 в течение 3-х минут – 9 контактов с промывным раствором NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (600 г/л) + HNO<sub>3</sub> (30 г/л) при О:В=4:1 в течение 3-х минут – 2 контакта и с резкстрагирующим раствором HNO<sub>3</sub> (7 г/л) при О:В=1,1:1 в течение 3-х минут – 2 контакта.

Коэффициент распределения РЗЭ (D) после 9 экстракционных контактов составил 0,315. При промывке насыщенной ОФ раствором нитрата аммония происходил частичный съем РЗЭ с органической фазы на уровне 30%. Так как на экстракционном каскаде планируется присоединять отработанный промывной раствор к исходному, и выводить вместе с рафинатом, то смытые на промывке РЗЭ перейдут в ОФ в контуре экстракции. В объединенной водной фазе после промывки содержится железо в количестве 0,48 г/л и кальций в количестве 1,3 г/л. Таким образом, показана эффективность работы промывного контура на промывном растворе выбранного состава. На резкстракции отмечен эффективный съем РЗЭ с органической фазы – уже за 2 контакта было резкстрагировано 87,5% находящихся на органике РЗЭ.

С целью повышения коэффициента распределения на экстракции, в статическом режиме установлено влияние кислотности водной фазы и высаливателя на экстракционную очистку РЗЭ. Зависимость коэффициентов распределения ΣРЗО при экстракции от концентрации HNO<sub>3</sub> и высаливателя в водной фазе приведены в рис. 1, 2.

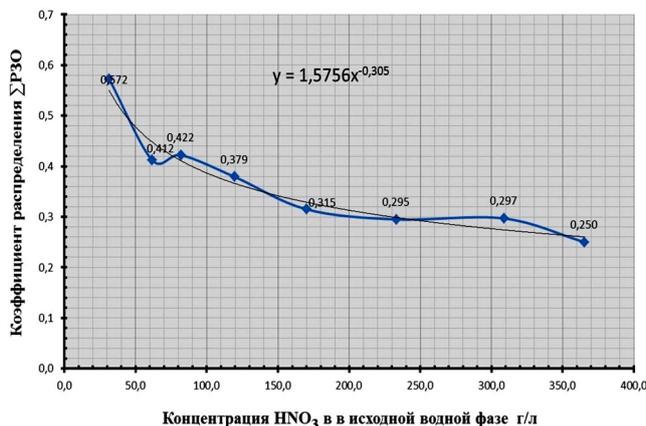


Рис. 1. Зависимость коэффициентов распределения ΣРЗО от концентрации HNO<sub>3</sub> в водной фазе

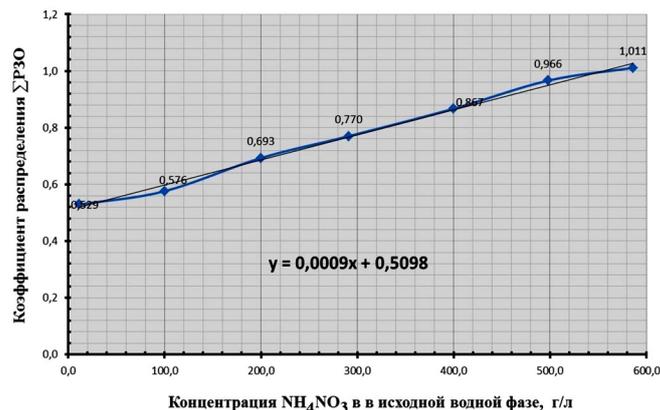


Рис. 2. Зависимость коэффициентов распределения ΣРЗО концентрации высаливателя в водной фазе при HNO<sub>3</sub>-100 г/л

Приемлемой кислотностью исходных растворов на экстракцию принят интервал 80-120 г/л, при увеличении кислотности исходного раствора на экстракции наблюдалось снижение коэффициентов распределения РЗЭ, при кислотности ниже данной, происходит нейтрализация водной фазы вплоть до выпадения осадков в экстракционном контуре каскада.

При увеличении содержания нитрата аммония в исходном растворе на экстракции значительно увеличивались коэффициенты распределения РЗЭ примерно на 40-45% больше емкости при отсутствии высаливателя. Приемлемым и оптимальным содержанием высаливателя в исходном растворе принята концентрация не менее 250-300 г/л. Увеличение концентрации высаливателя выше данного предела вызвало дестабилизацию исходных растворов и выпадение из них как нитрата аммония, так и смешанных кристаллических соединений нитратов примесей и РЗЭ.

Изотерму экстракции сняли методом переменных концентраций раствором, состав которых приведен в табл. 2.

Таблица 2

| № раствора | Состав, г/л |                |                              |                               |
|------------|-------------|----------------|------------------------------|-------------------------------|
|            | ΣРЗО        | H <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | ΣNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
| 1          | 4,82        | 1,3            | 82,8                         | 371,2                         |
| 2          | 10,3        | 1,4            | 91,7                         | 414,3                         |
| 3          | 15,2        | 1,2            | 76,8                         | 356,1                         |
| 4          | 19,4        | 1,2            | 76,8                         | 360,8                         |
| 5          | 23,0        | 1,3            | 61,7                         | 319,1                         |
| 6          | 25,4        | 1,3            | 75,8                         | 370,3                         |

Приготовленные растворы контактировались в делительной воронке с мешалкой с органической фазой при соотношении О:В=1:1 в течение 20 минут для обеспечения установления равновесия между органической и водной фазами. После этого мешалку выключали, замеряли время полного расслаивания фаз. Органическую и водную фазы разделяли, замеряли конечные объемы и анализировали.

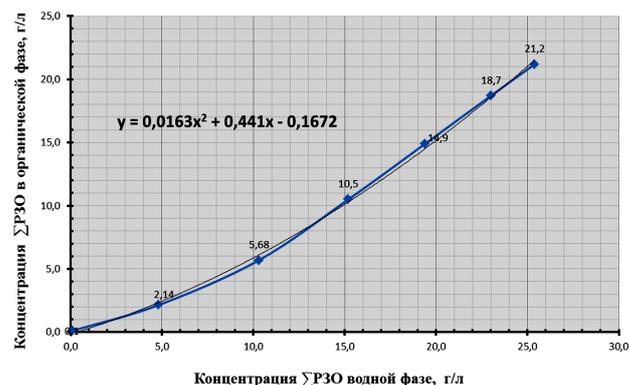


Рис. 3. Изотерма экстракции РЗЭ в присутствии высаливателя (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-350 г/л) и концентрации свободной HNO<sub>3</sub>-80 г/л

По результатам была построена изотерма экстракции РЗЭ с высаливателем (350 г/л NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) и содержанием HNO<sub>3</sub> 80 г/л, приведенная на рис. 3.

Также методом аппроксимации было выведено основное уравнение изотермы экстракции:

$$y = 0,0163 \cdot x^2 + 0,441 \cdot x - 0,1672,$$

где:  $y$  – концентрация  $\Sigma$ РЗЭ в органической фазе, г/л

$x$  – концентрация  $\Sigma$ РЗЭ в растворе, г/л

Таким образом, зная концентрацию РЗЭ в водной фазе можно рассчитать емкость органической фазы и соотношения О:В на экстракции.

По полученным данным рассчитали экстракционный каскад.

Расчет количества ступеней в контуре экстракции и промывки для системы «100% ТБФ – нитратный раствор РЗЭ» проводили аналитическим методом по формуле Кремсера.

Тогда количество ступеней на экстракции составило:

$$N = \left\lceil \frac{1 + \frac{\left(1 - \frac{1}{D_1 \cdot \alpha_1}\right)}{\varphi_1 \left(1 - \frac{1}{D_1 \cdot \alpha_1}\right)}}{\lg(D_1 \cdot \alpha_1)} \right\rceil = 19,84 = 20 \text{ шт}$$

Количество ступеней на промывке составило:

$$M = \left\lceil \frac{\lg \left[ 1 + \frac{\varphi_2 \cdot \left[ \frac{1}{D_2 \cdot \alpha_2} \right] - 1}{\frac{1}{D_2 \cdot \alpha_2} - 1}}{\lg \left( \frac{1}{D_2 \cdot \alpha_2} \right)} \right] \right\rceil - 1 = 2,79 = 3 \text{ шт}$$

Процесс экстракционной очистки РЗЭ от примесей и природных радионуклидов состоял из следующих стадий: экстракция РЗЭ (ТБФ-100%); отмывка насыщенной органики от примесей (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-600 г/л + HNO<sub>3</sub>-30 г/л); реэкстракция РЗЭ (HNO<sub>3</sub>-7 г/л); регенерация органической фазы (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>-100 г/л); азотнокислая обработка оборотной органической фазы (HNO<sub>3</sub>-300 г/л). Схема экстракционного каскада для очистки РЗЭ представлена на рис. 4.

Для получения концентратов РЗЭ из реэкстрактов чистого экстракционного каскада был выбран режим осаждения в виде нерастворимых соединений – карбонатов, оксалатов, гидроксидов.

Осаждение проводили в реакторе следующим образом. В реэкстракт, при перемешивании вводили осадитель – раствор NH<sub>4</sub>OH (20%, 391 г/л), раствор H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (~100 г/л), кристаллическая УАС с избытком 20% от стехиометрического количества на нейтрализацию и осаждение.

В случае осаждения оксалатов раствор предварительно нейтрализовали аммиачной водой до pH=6. Затем раствор выдерживали при перемешивании в течение 30 минут, затем фильтровали на нутч-фильтре. Полученные осадки промывали на фильтре при соотношении Т:Ж=1:2 и сушили. Осадки прокалили при температуре 900°C в течение 3 ч. Результаты анализов представлены в табл. 3.

Таблица 3

| Продукт                           | $\Sigma$ РЗМ | $\Sigma$ РЗЭ | Aэфф, Бк/кг |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Концентрат окислов из оксалатов   | 84.04        | 98.87        | 364         |
| Концентрат окислов из карбонатов  | 83.27        | 97.95        | 324         |
| Концентрат окислов из гидроксидов | 85.08        | 99.83        | 352         |

По анализу активности в соответствии с табл. 3. при применении операции дезактивации суммарная активность высушенного концентрата не превышает 370 Бк/кг (I класс), что соответствует СанПиН РУз №0193-06 [5].

Технологическая схема переработки черновых концентратов РЗЭ представлена на рис. 5.

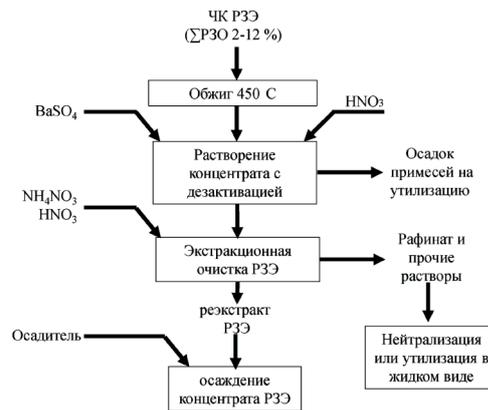


Рис. 5. Технологическая схема переработки черновых концентратов РЗЭ

Проведенные экспериментальные исследования показали возможность эффективной очистки концентратов редкоземельных элементов от примесей и природных радионуклидов экстракционным методом.

Разработанная технология содержит следующие основные операции:

- прокаливание черновых оксалатных концентратов;
- растворение концентратов в азотной кислоте с дезактивацией;
- очистная экстракция РЗЭ на 100% ТБФ из нитратных сред с высаливателем;
- осаждение суммы РЗЭ.

По каждому процессу определены режимы и оптимальные условия.

Получены лабораторные образцы концентратов РЗЭ в виде оксидов, гидроксидов, оксалатов и карбонатов РЗЭ. Подтверждено качество образцов по химическому составу и удельной эффективной активности.

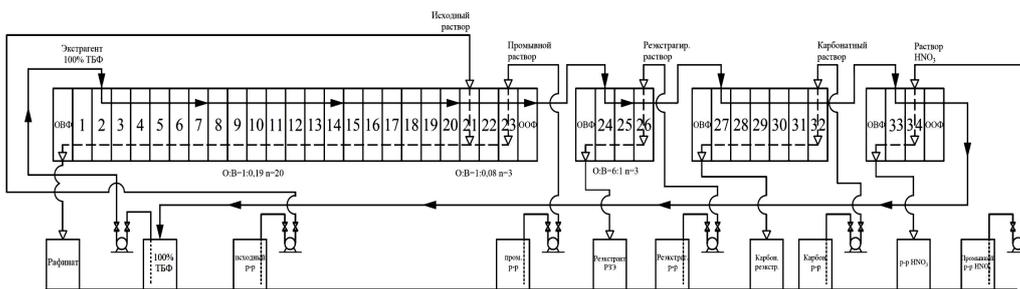


Рис. 4. Схема экстракционного каскада для очистки РЗЭ и общий вид

## Библиографический список:

1. Рабинович В. А. «Краткий химический справочник» /Рабинович В. А. Хавин З. Я. – Л.: Химия, 1991. 432 с.
2. Шестаков С. В. «Экстракция и сорбция в гидрометаллургии. Советы технолога-практика», 2019 г, Санкт-Петербург. 50 с.
3. Коровин С. С. «Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология» /Коровин С. С., Зимица Г. В., Резник А. М. и др. – М.: «МИСИС», 1996 г, Книга 1. 461 с.
4. Под. ред. Большакова К. А. «Химия и технология редких и рассеянных элементов» /Шахно И. В. Шевцова З. Н. и др. – М.: «Высшая школа», 1976 г, Часть 2. 369 с.
5. Санитарные правила и гигиенические нормативы Республики Узбекистан «СанПиН №0193-06. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006)», Ташкент, 2006 г.

“G'ORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 13-16

### EXTRACTION PURIFICATION OF CONCENTRATES OF RARE EARTH ELEMENTS FROM IMPURITIES AND NATURAL RADIONUCLIDES

<sup>1</sup>Petuhov O.F., Deputy Head of the Central Scientific Research Laboratory on science, Ph.D, o.petuhov@ngmk.uz

<sup>1</sup>Ruziev B.T., Head of the State Treasury for Uranium, Central Research Laboratory, bt.ruziev@ngmk.uz

<sup>1</sup>Sharafutdinov U.Z., Head of the Innovation Center, Ph.D., associate professor, u.sharafutdinov@ngmk.uz

<sup>1</sup>Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

#### Abstract:

The article presents the results of experimental studies on the extraction of rare-earth element concentrates from impurities and natural radionuclides. As part of the research, a technology for cleaning concentrates has been developed, including the following operations:

Experimental studies have shown the possibility of effective purification of rare-earth element concentrates from impurities and natural radionuclides by the extraction method.

**Keywords:** phosphoric acid tributyl ester (TBP), organic phase, aqueous phase, ammonium carbonate (UAS), effective activity (Aeff).

#### References

1. Rabinovich V. A. "A short chemical reference" / Rabinovich V. A. Khavin Z. Ya. - L.: Chemistry, 1991. 432 p.
2. Shestakov S. V. "Extraction and sorption in hydrometallurgy. Practical Technologist Advice", 2019, St. Petersburg. 50 p.
3. Korovin S. S. "Rare and scattered elements. Chemistry and technology" / Korovin S. S., Zimina G. V., Reznik A. M. et al. - M.: "MISIS", 1996, Book 1. 461 p.
4. Under. ed. Bolshakova K. A. "Chemistry and technology of rare and scattered elements" / Shakhno I. V. Shevtsova Z. N. et al. - M.: "Higher school", 1976, Part 2. 369 p.
5. Sanitary rules and hygienic standards of the Republic of Uzbekistan "SanPiN No. 0193-06. Radiation safety standards (NRB-2006) and basic sanitary rules for ensuring radiation safety (OSPORB-2006)", Tashkent, 2006.



СТАНОК ТОКАРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
С СИСТЕМОЙ ЧПУ МОДЕЛИ

**HT-250-01**

Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
«Навийский машиностроительный завод»  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел: (7922)7-62-14, 7-64-23,  
Факс: (7922)3-48-78.  
Email: [infony@ngmk.uz](mailto:infony@ngmk.uz)

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ANSYS ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ



**Тошниёзов Л.Г.,**  
докторант PhD, ТашГТУ  
им. Ислама Каримова



**Тошов Ж.Б.,**  
декан факультета энергетике  
ТашГТУ им. Ислама  
Каримова, д.т.н., доцент



**Байназов У.Р.,**  
главный энергетик  
УАТТ, АО «Узбекуголь»

*Raqamli modellashtirish usullari asosida ishlaydigan ANSYS kompyuter dasturidan foydalanib, burg'ulash jarayonida burg'ulash moslamasining tosh bilan o'zaro ta'sirini tahlil qilish o'rganildi. Dizayn davrida burg'ulash qurilmalarining samaradorligini oshirish bo'yicha dunyo olimlarining ishlarida, loyiha ob'ektlari burg'ulash asbobining geometrik parametrlari bilan matematik aloqada ekanligi tahlil qilindi. Dastur va cheklangan elementlar usuli yordamida o'tkazilgan ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bir qator dasturlar afzalliklar va ijobiy natijalar berdi.*

*Ko'pgina olimlar birma-bir tish va tosh o'rtasidagi o'zaro ta'sirni o'rganishdi va bir necha olimlar PDS bitining tosh bilan o'zaro ta'siri jarayoni haqida bir nechta kompyuter tajribalarini o'tkazdilar, bu esa o'z navbatida keyingi tadqiqotlar uchun fundamental bilimlarni beradi. Bit dizaynida dasturiy ta'minot paketlarini birlashtirish yangi dizaynlarni o'rganishni osonlashtirishi va burg'ulash vositalarini tez va samarali yaratishga imkon berishi ko'rsatildi.*

*Burg'ulashni tahlil qilish uchun ANSYS dasturidan foydalanishning ahamiyatini o'rgangan mualliflar, slanets burg'ulash asboblari geometriyasini optimallashtirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar qimmatga tushganda, amaliy algoritmlarga asoslangan ilmiy ishlarni amalga oshirish mumkin deb hisoblashadi.*

**Tayanch iboralar:** burg'ulash jarayoni, burg'ulash biti, bit-rock o'zaro ta'siri, jinslarning parchalanishi, elementlarning oxirgi usuli, optimallashtirish, burg'ulash asboblarining dizayni, parchalanish, dinamika, ANSYS.

*Проведен анализ взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой в процессе бурения с использованием программы ANSYS, функционирующая на основе методов численного моделирования. Проанализированы работы ученых мирового сообщества по оптимизации бурового долота на стадии проектирования, учитывая, что объекты проектирования находятся в математической зависимости от геометрических параметров бурового инструмента.*

*Большинство исследований, проведенных с использованием программы и метода конечных элементов выявили ряд преимуществ и положительных результатов. Многие ученые проводили эксперименты одного зубка во взаимодействии с породой положив фундаментальные знания для последующих исследований и только единицы проводили компьютерные эксперименты с PDC долотами. Показана, что интеграция пакетов программного обеспечения, используемых для проектирования долот, может способствовать исследованию новых конструкций и обеспечивать быстрое и эффективное создание породоразрушающих инструментов.*

*Авторы, изучив ценность использования программы ANSYS для анализа буровых процессов, считают, что для достижения оптимизации геометрии шарошечных породоразрушающих инструментов можно полагаться на алгоритмы программы в то время, когда проведение экспериментальных исследований стоят дорого.*

**Ключевые слова:** буровой процесс, буровое долото, взаимодействие долота с горной породой, разрушение горных пород, метод конечных элементов, оптимизация, проектирование буровых инструментов, фрагментация, динамика, ANSYS.

С обретением независимости Республики Узбекистан выполнен ряд важных работ по освоению новых месторождений, на которых требуется внедрение передовых практических мероприятий для увеличения добычи полезных ископаемых. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, направленной на дальнейшее развитие и либерализацию экономики, отмечена необходимость поддержания макроэкономической стабильности и высоких темпов экономического роста [1], в частности, для повышения конкурентоспособности национальной экономики особое значение приобретает повышение объема добычи полезных ископаемых при открытом способе разработки, уменьшение себестоимости готовой продукции и достижение увеличения годового объема производства продукции.

Бурение скважин независимо от отраслей промышленности, угольной, горной, строительной или нефтегазовой невозможно представить без буровых долот, которые осуществляют разрушения пород для ее дальнейшей обработки.

В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан [1] определены задачи для выполнения программ по сокращению энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкому внедрению в производство энергосберегающих технологий, повышению производительности труда в отраслях экономики, а также продолжению политики стимулирования локализации производства для поднятия в настоящее время на новый экономический уровень горно-металлургическую промышленность и повышения эффективности бурения взрывных скважин.

Это обстоятельство в свою очередь обуславливает в обеспечении качественными буровыми инструментами.

В настоящее время ставится вопрос в частичном замещении буровых инструментов собственного производства.

Успех буровых работ по многим факторам зависит от производительности долота. Буровые долота бывают разных размеров, типов и форм и предназначены для бурения различных горных пород по крепо-

сти. В производстве сегодня используются в основном три типа буровых долот для бурения скважин. В частности, шарошечные (roller cone bits), долота типа PDC с фиксированными алмазными зубами (fixed cutter bits) и гибридные долота (hybrid drill bits), которые объединяют параметры первых двух типов.

Создание оптимальной конструкции долота требует сбалансированности соотношений скорости, стабильности и долговечности бурения, что на сегодняшний день является одной из сложных задач, поставленной перед инженерами [2].

В последние декады промышленности использующие буровые долота увидели результаты непрерывных трудоёмких научных работ по улучшению конструкций долот, их отдельных узлов, технологии производства, совершенствованию материалов, химико-термической обработки, армирования и других параметров, что позволило увеличить производительность и уменьшить экономические расходы.

Рекомендации по улучшению параметров породоразрушающих элементов, с учетом повышенной механической скорости бурения, конструированию схем опор, гидравлических особенностей корпуса долота, оказывающих большое влияние на процесс породоразрушения были опубликованы исследователями во всем мире.

Исходя из научных работ ученых, можно сказать, что совершенствование процесса бурения, как и любого промышленного процесса не имеет ограничений.

Использование компьютерного моделирования и построение данных при проектировании качественных и высокопроизводительных буровых долот способствует выполнению буровых процессов на высшем уровне.

Использование инженерных программ для исследования бурового процесса и дальнейшей рекомендации по проектированию долот, позволяет обеспечить быстрый и эффективный способ надежного создания породоразрушающих инструментов. Эта система гарантирует получение данных, разработанных на этапе проектирования, усовершенствует конструкцию долот и вносит вклад в базу знаний для выполнения предстоящих проектов. Данный комплексный подход к конструкции долот оптимизирует, повышая производительность, точно выравнивая режущую конструкцию, корпус долота, гидравлику и другие характеристики буровых процессов. Существует множество инженерных программ, каждая из которых позволяет реализовать конструктивные и рабочие характеристики долота, а также связанные с этим компромиссные решения для оптимизации породоразрушающих инструментов. Одной из таких надежных программ является ANSYS [3, 4]. С повышением требований горнодобывающих рынков на недорогие продукты и процессы, которые обеспечивают оптимальную производительность, программа ANSYS становится все популярнее и широко используемым инструментом для проектирования буровых долот.

Совершенствование конструкции различного типа буровых долот для бурения скважин и разработка новых высокоэффективных породоразрушающих инструментов с интеграцией систем автоматизированного проектирования имеет большинство преимуществ по сравнению с устаревшими методами создания моделей долот. Она быстрее, экономичнее с точки зрения времени и материалов, более презентабельная и самое главное имеет не менее

обоснованные результаты чем эксперименты на полях или в лабораторных условиях.

Анализ теоретических и экспериментальных методов исследования динамики буровых породоразрушающих инструментов показывает, что к настоящему времени нет всеобъемлющего критерия оценки эффективности процесса бурения и обобщенного метода его построения на основе теоретической механики.

Таким образом, в настоящее время оптимизация буровых инструментов ведется на основе стохастических принципов и методов, т.е. методами проб и ошибок, а также весьма целенаправленно - по каждому типоразмеру и диаметру. В связи с этим требуются дополнительные теоретические и экспериментальные исследования общей динамики на забое скважины.

Согласно автора [5] критерии оценки работоспособности буровых инструментов в процессе разрушения горных пород зависят от геометрических параметров породоразрушающих буровых инструментов и на детерминированной основе можно разработать динамическую модель поведения буровых долот на поверхности забоя скважины.

Таким образом, оптимизация, хотя и в относительных величинах рассматриваемых значений указанных критериев, делает возможным и оптимизацию обобщенного критерия для выбранного типоразмера инструмента. А вычислительные эксперименты в этом плане позволяют производить анализ и прогнозировать реально существующие конструкции буровых долот еще на стадии проектирования (рис. 1).

#### Исследование применения метода конечных элементов

Метод конечных элементов – численный метод расчета с использованием дискретных моделей, который позволяет проводить компьютерный анализ сложных пространственных конструкций, расчет которых не может быть выполнен иными методами. Он основывается на решении дифференциальных уравнений теорий упругости и пластичности и позволяет построить математическую модель для анализа.

Существуют разные численные методы для решения сложных задач быстро и эффективно. Наиболее широко используемые численные методы для анализа процесса и взаимодействия элементов бурового долота с горной породой следующие:

- метод конечных элементов (FEM);
- метод дискретных элементов (DEM);
- метод конечных разностей (FDM);
- метод граничных элементов (BEM).

Использование метода конечных элементов (FEM) в исследованиях процесса бурения показало свою гибкость и универсальность при решении сложных проблем разрушения. При построении расчетных моделей и применения реализующих его программ простым способом, метод конечных элементов показал более высокий уровень. FEM широко используется для решения двух и трехмерных задач и доступен во многих известных компьютерных программах, таких как ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, ABAQUS, FEMLAB и ADINA.

Принцип использования метода конечных элементов в программе ANSYS заключается в том, что исследуемое упругое тело сложной формы представляется в виде конечных чисел элементов простых форм для более аккуратного анализа каждой части объекта. Координатные точки  $x$ ,  $y$ ,  $z$  описывают конечное число функции сформулированных от функции смещения бесконечного числа точек упругого тела. Эти точки определяют уровень деформации и напряженного состояния тела. (рис.2).

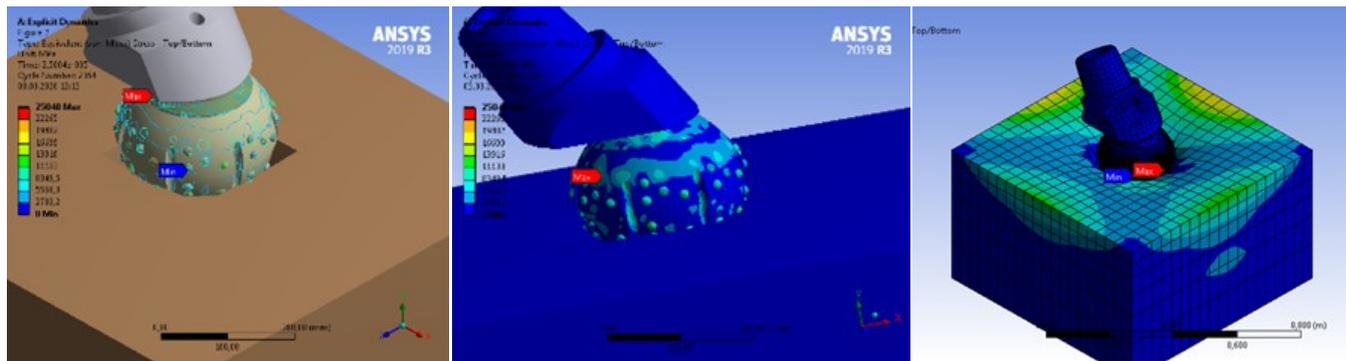


Рис. 1. Схема этапов оптимизации параметров буровых долот на стадии проектирования в программе ANSYS

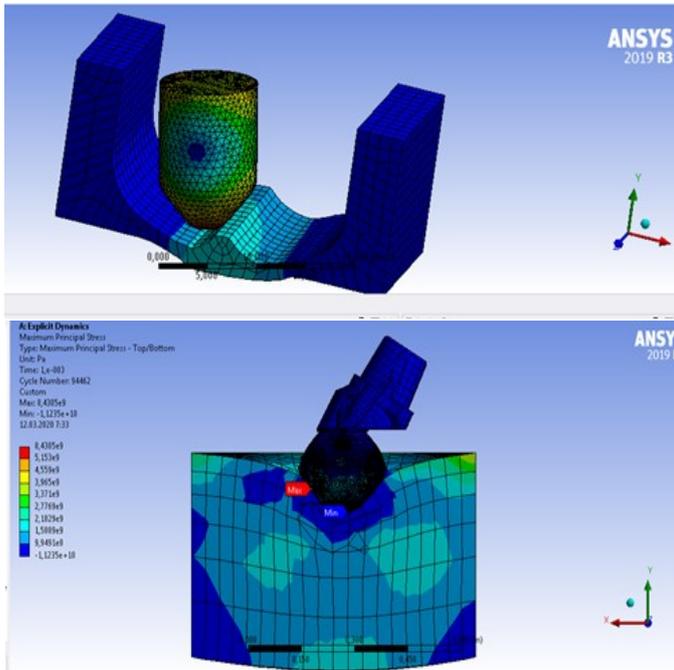


Рис. 2. Схемы определения уровня деформации и напряженного состояния тела: а) для омегаобразного забора и одного зубка бурового долота; б) для породы и одношарошечного долота

По мнению автора [6], аналитическое решение задачи отыскания функций  $f(x, y, z)$  возможно только для очень простых геометрических форм. Идея метода конечных элементов состоит в том, чтобы аппроксимировать непрерывную величину, в данном случае перемещения, дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Кусочно-непрерывные функции определяются с помощью значений искомой непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области. При этом область сложной геометрической формы заменяется совокупностью подобластей, или конечных элементов простых типичных форм. Внутри каждого конечного элемента функции  $f$  описывающие перемещения, остаются гладкими и выражаются через перемещения узлов, в которых стыкуются элементы. Этим обеспечивается

непрерывность функций перемещений  $w$  на всей области. Однако при этом гладкость функций  $f$  нарушается, и поэтому решение неизбежно получается приближенным. Если разбиение объекта на большое число конечных элементов позволяет получить более точные результаты, то также необходимо иметь в виду что каждый объект является уникальным и имеет свой предел разбиения на элементы.

Применение метода конечных элементов описывается несколькими этапами взаимосвязанных процессов. Для начала, в программе необходимо построить математическую модель исследуемого объекта, где геометрия тел представляется в виде совокупности конечных элементов. Выбор их формы зависит от характера рассматриваемой задачи и от точности решения. ANSYS позволяет разбивать трехмерные объекты с помощью следующих элементарных геометрических форм: тетраэдр, призма и шестигранник (рис. 3).

За построением математической модели, выбираются неизвестные в виде узловых точек по координатам, определяющих число степеней свободы и алгоритмическую сложность, а затем вычисляется матрица жесткости элементов в зависимости от типа выбранного конечного элемента интерполирующего полинома. Необходимо отметить, что вид полинома влияет на точность решения поставленной задачи.

По окончании разработки узловых конечных элементов, можно переходить на определения напряжения и деформации объектов исследования. По методу конечных элементов, деформация тела определяется в виде производных от функции перемещений, а напряжения связаны с деформацией по модулю упругости материала.

Вышеописанные процессы метода конечных элементов в программе ANSYS настроены автоматически и по введению необходимых данных можно решить задачи и выводить результат работы в виде графики, таблицы и отчета.

**Анализ подходов к моделированию объектов исследования**

Исследование взаимодействия долота с забоем скважин должно опираться на закономерности процесса разрушения горных пород и кинематику движения зубков и венцов шарошек долота [7].

Авторы [8] разработали математическую модель на базе пакета конечно-элементного моделирования Ansys Workbench, которая позволила им осуществить аналитические исследования механизма взаимодействия рабочих элементов долота непосредственно в условиях забоя скважины. В работе исследовались зависимости параметров разрушения горных пород от расстояния  $L$  действия зубка относительно стенки скважины (рис. 4). Исследования позволили им определить величины усилия разрушения в зависимости от места расположения зубка в плоскости забоя скважины. Построенная объемная модель имитирует работу долота и определение силовых и геометрических параметров разрушения горной породы в зависимости от сопротивляемости горных пород и режима бурения.

Процесс моделирования породоразрушающего инструмента во взаимодействии с горной породой является сложным и поэтому многие ученые в своих исследовательских работах пренебрегали некоторыми параметрами во время исследования. Например, авторы работы [9] для упрощения расчетов пренебрегли влиянием давлений, температуры, буровой жидкости, износ резца, а также использовали линейное резание для более удобного представления контакта.

Согласно [10], при моделировании долота PDC в зависимости от применения можно спроектировать их с матричным или стальным корпусами. Объекты, изготовленные из композитных материалов (матричный корпус) устойчивы к истиранию и эрозии, а стальные корпуса являются более прочными и имеют высокое сопротивление при ударной нагрузке.

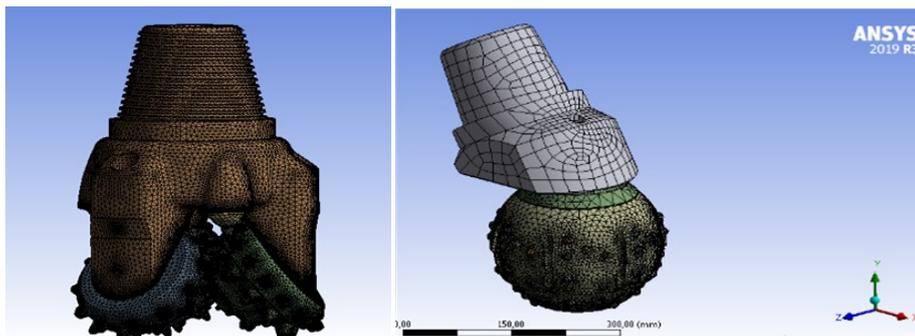


Рис. 3. Схемы применения конечных элементов (КЭ) на буровые шарошечные долота: а) трехшарошечное долото с КЭ формы тетраэдр; б) одношарошечное долото с КЭ призмы, шестигранника и тетраэдра

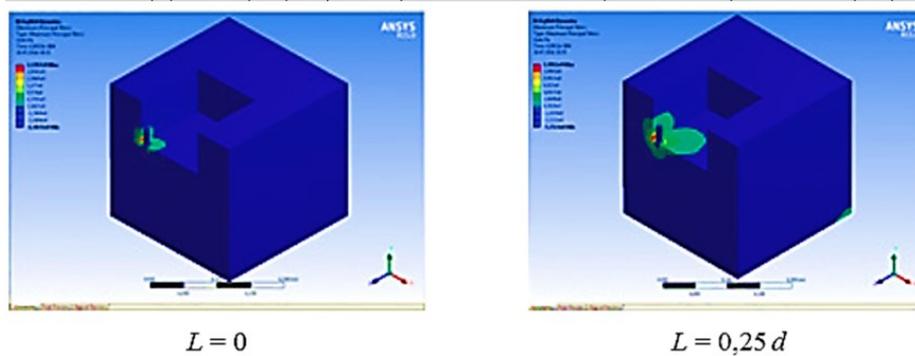


Рис. 4. Вдавливание зубка в зависимости от расстояния стенки скважины

Материал породоразрушающего инструмента в процессе моделирования должен иметь твердость и прочность намного выше, чем у породы для получения правильных результатов. В библиотеку программы введены все материалы для возможного анализа, в случае их отсутствия, программа позволяет создавать пользовательские материалы для специфических анализов.

Моделирование горных пород в среде ANSYS производится различными способами в зависимости от поставленной задачи и усмотрению пользователя, но также математически можно определить характеристики деформации породы в виде формул, как это было представлено в работе [11]. Так как поведение породы преимущественно неупругое, для того чтобы представить характеристики деформации породы, в качестве материала породы выбран упругий пластик с теорией упрочнения кинематического характера.

Для смешанного отверждения условие текучести:

$$\varphi = 1,5(S_{ij}^{n+1} - a_{ij}^n)(S_{ij}^{n+1} - a_{ij}^n) - \sigma_y^{2n} = 0, \quad (1)$$

где:  $S_{ij}^{n+1}$  - состояние упругого девиаторного напряженного состояния в момент времени  $t^{n+1}$ ;

$a_{ij}^n$  - скорость совместного вращения в момент времени  $tn$ ;

$\sigma_y^{2n}$  - предел текучести в момент времени  $tn$ .

Учитывая влияние скорости деформации на свойства материала, авторы приняли модель Каупера и Симондса, и предел текучести в момент времени  $tn$  выразили:

$$\sigma_y^n = \left(1 + \frac{\varepsilon}{c}\right) (\sigma_0 + \beta E_p \varepsilon_{eff}^n), \quad (2)$$

где:  $c$  и  $\beta$  - определяемые пользователем входные константы;

$\sigma_0$  - начальный предел текучести;

$E_p$  - модуль пластического упрочнения;

$\varepsilon_{eff}^n$  - эффективная пластическая деформация в момент времени  $t_n$ ;

$\varepsilon$  - скорость деформации.

$$E_p = E_t E / (E - E_t) \quad (3)$$

$$\varepsilon_{eff}^n = \int_0^t \left(\frac{2}{3} \varepsilon_{ij} \varepsilon_{ij}^n\right)^{0.5} dt \quad (4)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{ij} \varepsilon_{ij}} \quad (5)$$

где:  $E$  - модуль упругости,  $E_t$  - модуль тангенциального упрочнения,  $\varepsilon_{ij}$  - общая скорость деформации,  $\varepsilon_{ij}^n$  - пластическая скорость деформации во времени  $t_n$ .

Поскольку механизм разрушения породы связан с пластической деформацией, полностью поврежденное состояние породы определяется величиной пластической деформации. Критерий оценки может быть выражен:

$$\varepsilon_{eff}^{pl} \leq \varepsilon_{eff}^{-pl} \quad (6)$$

где:  $\varepsilon_{eff}^{-pl}$  - эффективная пластическая деформация породы, которая была полностью повреждена.

Кроме математического определения, существуют еще несколько способов выбора параметров породы.

При моделировании разрушения горной породы в программе ANSYS по стандарту используется критерии прочности Мора-Кулона, другие используют критерии Друкера-Прагера. Разница между двумя критериями прочности в практике компьютерного моделирования, согласно авторов работы [11] объясняется так, что критерий Друкера-Прагера генерирует прочность на сдвиг в 0,6–3 раза превышающую прочность Мора-Кулона, для одного и того же угла трения и параметров сцепления. В их работе они также проанализировали соответствующие условия для получения равных сил для обоих критериев.

В процессе изучения взаимодействия породоразрушающего инструмента в виде зуба PDC с горной породой, авторами [10] было использована модель Друкера-Прагера. Предполагалось, что модели горных пород изотропны и однородны. Модели горных пород определяются с помощью линейного EOS. В качестве модели прочности использовалась модель Друкера-Прагера. Модель Друкера-Прагера использовалась для представления поведения горных пород, в которых поведение когезии и уплотнения приводит к увеличению сопротивления сдвигу до предельного значения предела текучести при увеличении нагрузки. Прочности на сжатие и растяжение породы потребовалась для анализа объекта. Для модели разрушения использовалось разрушение основного напряжения, которое используется для представления хрупкого разрушения в материалах. В ходе изучения напряжения разрушения определялось по бразильской прочности на растяжение.

Случаи использования критерии Мора-Кулона для породы можно увидеть в работе ученых университета Западной Вирджинии [12]. Исследователи кроме смягчающей деформации критерия Мора-Кулона для свойств горной породы определили объемный модуль, модуль сдвига, когезию и угол внутреннего трения породы путем обратного анализа одноосных и трехосных результатов испытаний из литературы. Отдельное влияние свойств модели на силы резания было индивидуально исследовано в небольшом параметрическом исследовании. В этом исследовании свойства трения и жесткости поверхности раздела, а также пиковые и пост разрушающие параметры породы были индивидуально изменены, и было проанализировано влияние этих изменений на силы резания.

Совершенствование конструкции различного типа буровых долот для бурения скважин и разработка новых высокоэффективных породоразрушающих инструментов с интеграцией систем автоматизированного проектирования показало большинство преимуществ по сравнению с устаревшими методами создания моделей долот. Программа ANSYS позволяет достигать оптимизацию геометрии породоразрушающих инструментов на основе своих алгоритмов. И она также может позволить получить результаты исследования эффективно, визуально, быстро, экономично и недорого. Использование метода конечных элементов (FEM) в исследованиях процесса бурения показало свою гибкость и универсальность при решении оптимизационных задач разрушения породы под воздействием элементов бурового долота. Динамика вооружения буровых долот характеризуется постоянством интенсивности разрушения горной породы в забое скважины и определяет износостойкость вооружения как величину постоянную по всей поверхности рабочей матрицы.

## Библиографический список:

1. Указ Президента Республики Узбекистан "О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан" // Народное слово. - 8 февраля 2017 года. - № 28 (6692).
2. Тошов Ж.Б., Тошниёзов Л.Г., Каримов М.И. Применение систем автоматизированного проектирования при разработке породоразрушающих инструментов // Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник Узбекистан» - Навои, 2020. № 1. С.77-79.
3. К.А. Басов ANSYS. Справочник пользователя // Справочник. - Москва, 2014. - 640 с.
4. В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов Инженерный анализ в ANSYS WORKBENCH // Учебное пособие. - Самара, 2010. - 271 с.
5. Mannanov U., Toshov J., Toshniyozov L. Perspective Solutions for the Design of Drilling Tools // E3S Web of Conferences 105, 03027 (2019) IVth International Innovative Mining Symposium, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910503027>
6. Морозов Л.В. «Повышение долговечности буровых долот на основе компьютерного анализа элементов конструкций и их сборки» / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук - Самара, 2003, 29 с.
7. Шеметов П.А., Норов Ю.Д., Тошов Ж.Б. Повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах. - Ташкент: ФАН, 2009. - 160 с.

8. Бронников И.Д., Тошов Ж.Б., Нахангов Х.Н. Аналитическая модель взаимодействия зубков шарошечного долота с забоем скважины. Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – Москва, 2017. № 2. С. 16–19.
9. Ju, P. Rock breaking mechanism analysis and structure design of the conical PDC cutter based on finite element method. *Engineering Letters*. 27, 2019, pp. 75–80.
10. Woldemichael, Dereje & Abdul-Rani, Ahmad-Majdi & Lemma, Tamiru Alemu & Altaf, Khurram. (2015). Numerical simulation of rock cutting using 2D AUTODYN. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 100. 012052. 10.1088/1757-899X/100/1/012052.
11. Wojciechowski, Marek. (2018). A note on the differences between Drucker-Prager and Mohr-Coulomb shear strength criteria. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 40. 10.2478/sgem-2018-0016.
12. I. B. Tulu and K. A. Heasley, "Calibration of 3D cutter-rock model with single cutter tests," in the 43rd US Rock Mechanics Symposium & 4th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium, Asheville, NC. 28 June -1 July. 2009.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №3 (82) pp. 17-21

## ANALYSIS OF ANSYS SOFTWARE USE IN THE RESEARCH OF DRILLING PROCESS

<sup>1</sup>Toshniyozov L.G., PhD student, toshniyozovlazz@gmail.com<sup>1</sup>Toshov Zh.B., Dean of the Faculty of Energy, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, javokhir.toshov@yandex.ru<sup>2</sup>Baynazov U.R., Chief Power Engineer, Department of Automobile and Technological Transport, baynazov@coal.uz,<sup>1</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan<sup>2</sup>JSC "Uzbekugol", Angren, Uzbekistan**Abstract**

An analysis of the interaction of a rock-cutting tool with rock during drilling using the ANSYS software, which operates based on finite element analysis, is reviewed. Several solutions of scientists of the world community to optimization matters of drill bits at the design stage are exemplified, given that the design objects are mathematically dependent on the geometric parameters of the drilling tool. Most studies conducted using the software and the finite element method have revealed a number of its advantages and positive results of using it. Many scientists conducted single tooth experiments in interaction with the rock, putting fundamental knowledge for subsequent studies, and only a few conducted computer experiments with PDC bits. It is shown that the integration of software packages used for designing bits can contribute to the study of new designs and provide quick and efficient creation of rock cutting tools. The authors, having studied the value of using the ANSYS program for analyzing drilling processes, believe that to achieve optimization of the geometry of cone rock cutting tools, one can rely on the program algorithms at a time when experimental research is expensive.

**Keywords:** drilling process, drill bit, rock bit interaction, rock destruction, finite element method, optimization, design of drilling tools, fragmentation, dynamics, ANSYS.

**Reference**

1. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan "On a strategy for the further development of the Republic of Uzbekistan" // National word. - February 8, 2017. № 28 (6692).
2. J.B. Toshov, L.G. Toshniyozov, M.I. Karimov Use of computer-aided design in the development of rock cutting tools // *Scientific technical and industrial journal «Mining Bulletin of Uzbekistan» - Navoi*, 2020. № 1. pp. 77 ÷ 79.
3. K.A. Basov ANSYS. User reference // *Manual*. – Moscow, 2014. – 640 p.
4. V.A. Bruyaka, V.G. Fokin, E.A. Soldusova, N.A. Glazunova, I.E. Adeyanov *Engineering Analysis at ANSYS WORKBENCH // Textbook*. - Samara, 2010. 271 p.
5. U. Mannanov, J.B. Toshov J.B., L.G. Toshniyozov *Perspective Solutions for the Design of Drilling Tools // E3S Web of Conferences* 105, 03027 (2019) IVth International Innovative Mining Symposium, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910503027>
6. L.V. Morozov «Improving the durability of drill bits based on computer analysis of structural elements and their assembly» / *The dissertation submitted for obtaining the degree of Doctor of Philosophy*. – Samara. 2003. 29 p.
7. P.A. Shemetov, Y.D. Norov, J.B. Toshov *Improving the efficiency of drilling blast holes in open pits*. - Tashkent: FAN, 2009. 160 p.
8. I.D. Bronnikov, J.B. Toshov, H.N. Nakhangov *An analytical model of the interaction of the cone drill bits with the bottom of the well. Scientific and technical journal "Oil Engineer"*. - Moscow, 2017. No. 2. pp. 16 ÷ 19.
9. Ju, P. Rock breaking mechanism analysis and structure design of the conical PDC cutter based on finite element method. *Engineering Letters*. 27, 2019, pp.75-80.
10. Woldemichael, Dereje & Abdul-Rani, Ahmad-Majdi & Lemma, Tamiru Alemu & Altaf, Khurram. (2015). Numerical simulation of rock cutting using 2D AUTODYN. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 100. 012052. 10.1088/1757-899X/100/1/012052.
11. Wojciechowski, Marek. (2018). A note on the differences between Drucker-Prager and Mohr-Coulomb shear strength criteria. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 40. 10.2478/sgem-2018-0016.
12. I. B. Tulu and K. A. Heasley, "Calibration of 3D cutter-rock model with single cutter tests," in the 43rd US Rock Mechanics Symposium & 4th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium, Asheville, NC. 28 June -1 July. 2009.

# ВКЛЮЧЕНИЯ В ГРАНОДИОРИТАХ АУМИНЗИНСКОГО ИНТРУЗИВА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ)

*Auminza tog'i granitoid intruziyalari va ulardagi qo'shimchalarning tarkibi, petro- va geokimyoviy xususiyatlarini tadqiq qilish asosida ularning o'xshash ekanligi aniqlandi va melonakrat bo'laklarning ko'rsatilgan tog' jinslarining hosil bo'lishida yagona magmatic kameradagi gravitatsion saralanish bilan bog'liq deb qarash mumkin.*

**Tayanch iboralar:** *Auminza intruzivi, granodioritlar, granitlar, qo'shimchalar, diorite va kvarsli dioritlar, mineral tarkibi, petrokimyosi, geokimyoviy belgilari, magmani fraksiyalanishi, gravitatsion saralanishi.*

*На основе изучения состава, петро- и геохимических особенностей включений и вмещающих их гранитоидных пород гор Ауминзатау установлена их идентичность и сделан вывод о соответствии меланократовых обломков к более ранней фазе рассматриваемого гранитоидного комплекса, отражающие характер гравитационной дифференциации единой магматической камеры, формировавшей указанные разновидности интрузивных образований.*

**Ключевые слова:** *Ауминзинский интрузив, гранодиориты, граниты, включения, диориты и кварцевые диориты, минеральный состав, петрохимизм, геохимические признаки, фракционирование магмы, гравитационная дифференциация.*



**Амиров Э.М.,**  
Институт геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева  
Госкомгеологии РУз,  
докторант

Проблема образования мафических включений округлой формы в кислых интрузивных породах давно привлекает внимание исследователей [1-4].

Как известно, включения играют очень важную роль в познании особенностей состава, условий локализации вмещающих их магматических тел и позволяют судить о специфике состава магмогенерирующей среды и об условиях зарождения магм [2-4].

В сводной работе Х.Д. Ишбаева [2] проведена типизация включений в магматических образованиях, где родственные по составу включения (автолиты) рассматриваются как фрагменты глубинных пород, реститами, продуктами интрателлурической кристаллизации и другие. В целом, они представляют собой продукты более ранней консолидации магмы, т.е. образования, генетически связанные с породами, образующиеся в связи с эволюцией магматических очагов.

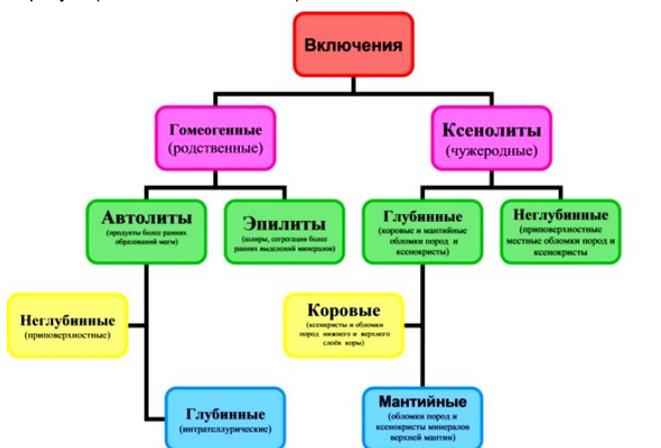


Рис. 1. Схема типизации включений в магматических образованиях (по [2])

В данной статье рассматриваются морфологические особенности и вещественный состав включений в гранодиоритах Ауминзинского интрузива в Центральных Кызылкумах (Западный Узбекистан).

Интрузивное тело локализовано в северо-западной части гор Ауминзатау, которые находятся в юго-западной части Центральных Кызылкумов, где магматические породы представлены относительно крупным Ауминзинским, полностью погребенным Мингчукурским массивами, относящиеся к захкудукскому гранит-гранодиоритовому комплексу Р<sub>1</sub>, Шохетауским мелким штоком лейкократовых гранитов (с одноименным комплексом - Р<sub>1</sub>) и Южноауминзинским субвулканическим габбро-долеритовым телом (рис.2).

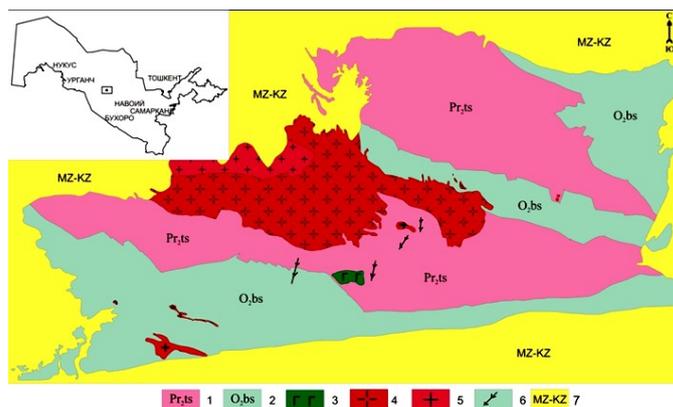


Рис.2. Схематическая геологическая карта гор Ауминзатау (составлена по материалам Шафранского и др., 1989). Осадочно-метаморфические образования: 1 – таскаганской свиты; 2 – бесаланской свиты, 3 – габбро-долериты Южно-ауминского интрузива, 4 – гранодиориты главной фазы Ауминзинского интрузива, 5 – граниты поздней фазы Ауминзинского интрузива, 6 – дайковые образования различного состава, 7 – мезо-кайнозойские отложения

Интрузив имеет двухфазовое формирование: ранняя представлена гранодиоритами, с крупными порфировыми выделениями плагиоклаза и поздняя – мелкозернистыми гранитами. Жильные породы представлены дайками кварцевых порфиров, аплитов, диоритовых порфиров, диабазовых порфиров и лампрофиров, основная масса которых размещается в пределах рудной зоны месторождения Аджибугут, северо-западной приконтактной части Ауминзинского штока. Жилы аплитов мощностью 0,3-0,5 м и протяженностью 3-50 м широко распространены в зоне Южно-Ауминзатауского разлома, где установлены более 25 даек субширотного простирания. Здесь же встречаются дайки диоритовых порфиров, мощность 0,3-2,5 м и протяженностью от 3-5 до 300 м. Простирание их меридиональное и северо-западное.

Диабазовые порфириты и лампрофиры представлены маломощными (0,5-3,0 м) и короткопротяженными дайками, имеют широкое распространение в пределах Южного окончания Ауминзатау и гряды Акмамбет. Падение их вертикальное. Дайки диоритовых порфиров, порфировидных мелкозернистых диоритов, диабазов и лампрофиров второй группы ориентированы диагонально и поперечно к рудоконтролирующей зоне и имеют северо-восточное направление (рудопроявление Давон, северо-западный контакт Ауминзинского штока, Козбобосай и др.). Мощность их 1,0-1,5 м, протяженность 20-50 м. Возрастные взаимоотношения между группами кислых и даек второй группы не установлены. Возраст гранитоидов Ауминзинского интрузива по радиологи-

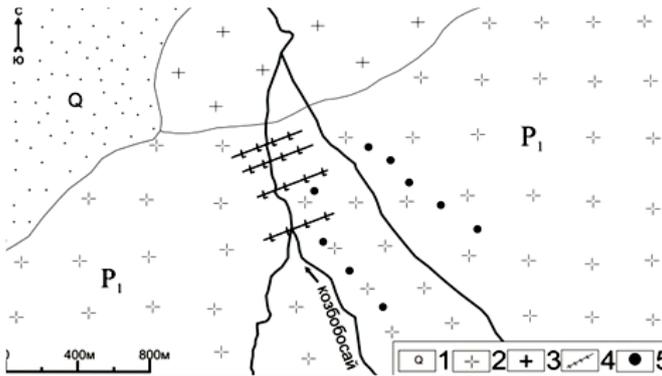


Рис. 3. Схема места изучения включений (автолитов) в гранодиоритах ранней фазы Ауминзинского интрузива. 1 – четвертичные образования, 2 – гранодиориты главной фазы интрузива, 3 – граниты поздней фазы интрузива, 4 – дайки диоритовых порфиритов, 5 – место обнаружения и изучения включений

ческим данным определяется в 286 млн. лет (по циркону, U-Pb метод, [5]), что соответствует ранней перми.

В центральной и северо-западной части интрузива в гранодиоритах обнаружены многочисленные включения темноцветных обломков. Форма их разнообразна: округлые, яйцевидные, сглажено-округлые, размер которых колеблется от 3 см до 1,5 м в поперечнике. Контакт с гранодиоритами четкие. Структура их порфировидная, мелкозернистая, текстура массивная. Следует отметить, что эти включения встречаются только в гранодиоритах основной фазы.

Для изучения включений пород в гранодиоритах применялись современные методы: порообразующие минералы изучались под поляризационным "Nikon ECLIPSE LV100N POL"; методом ICP-MS были определены концентрации петрогенных и рудообразующих элементов во включениях и вмещающих гранодиоритах; на основе определения химического состава построены диагностические диаграммы и выявлены петрогеохимические параметры пород. Результаты петрографических, минералогических, петрохимических и геохимических исследований обработаны с использованием программных продуктов Petro Explorer и др.

Микроскопическими исследованиями установлена принадлежность включений от диоритов и кварцевых диоритов до монцогранодиоритов. Они внешне темно-серые породы порфировидного строения с неравномернозернистой основной массой, в сочетании призматически-зернистой и пойкилитовой структурой. Состав представлен плагиоклазом (олигоклаз-андезин, 60-70%), моноклинным пироксеном (2-3%), роговой обманкой (15-20%), биотитом (5-10%), калиевым полевым шпатом (3-5%) и кварцем (5-7%). Плагиоклаз представлен хаотически ориентированными, преимущественно таблитчато-призматическими агрегатами длиной до 3,5 мм и их агрегатами. Некоторые зёрна плагиоклаза слабо пелитизированы, сосюритизированы и серицитизированы. Обычно зональные: в центре зерна андезин-лабрадоритового состава к периферии олигоклазового, с пертитовыми вростками.

Моноклинный пироксен образует крупные зерна размером до 1 мм, в основном интенсивно уралитизирован, проявляет слабый плеохроизм в светло-зеленых тонах. Амфибол представлен обыкновенной роговой обманкой с плеохроизмом в зеленовато-коричневых тонах. В зонах изменения они замещены более поздним актинолитом, агрегаты которых сильно хлоритизированы с гидроокисью железа. Биотит коричневый, распределен в породе относительно равномерно комковато-таблитчатыми чешуями не крупнее 0,4 мм. местами замещаются гидроокисью железа и хлоритом.

Калиевый полевой шпат слагает отдельные интерстиционные выделения между зёрнами плагиоклаза и кварца. Минерал слабо пелитизирован. Кварц размещен в интерстициях других минералов, размером до 0,3 мм в поперечнике, местами образует вростки (мирмекитовые) в калиевых полевых шпатах. Хлорит преимущественно развивается по биотиту, меньше - амфиболу, часто образуя тесные срастания с волокнисто-игльчатый лейкоксеном.

Состав и петрохимические особенности включений и вмещающих магматических образований отражены в таблице 1 (рис. 5,6). Включения, по сравнению с вмещающими их гранодиоритами, характеризуются

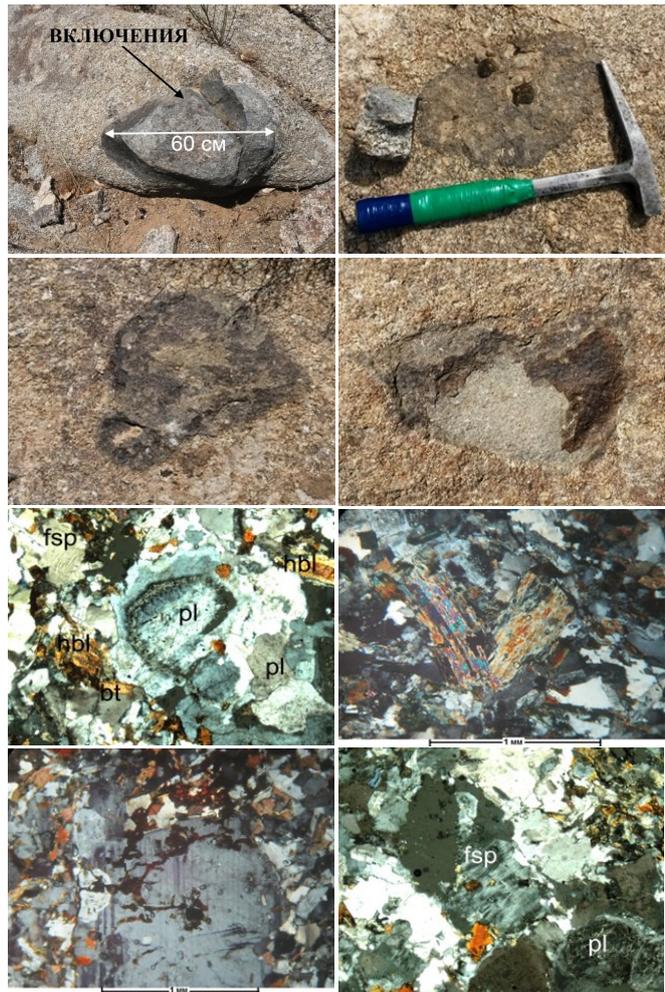


Рис. 4. Внешний вид (а-г), структурные и петрографические особенности (д-к) включений в гранодиоритах Ауминзинского интрузива

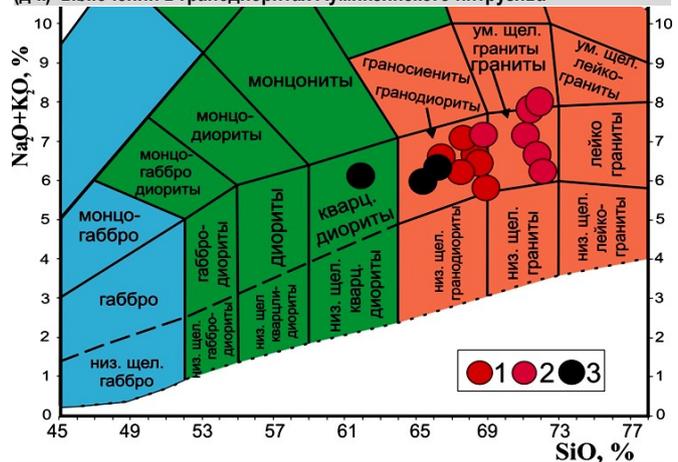


Рис. 5. TAS - диаграмма для пород Ауминзинского гранитоидного интрузива: 1 – гранодиориты главной фазы, 2 – граниты дополнительной фазы, 3 – включения в гранодиоритах

относительно повышенным содержанием окислов титана, алюминия, железа, магния, кальция, натрия и низким – кремнезема и калия, что сказывается на их минералогическом составе, которое приведено выше. Пересчет содержаний главных компонентов на нормативный минеральный состав показывает, что количество минералов соответствует их нормативным показателям в соответствующих породах, а также их соответствие к известково-щелочным разновидностям.

На диаграмме TAS включения попадают в поле нормальных кварцевых диоритов и гранодиоритов (рис.5), тогда как вмещающие гранодиориты и граниты образуют компактное поле в рядах нормальных пород.

Химический состав включений и вмещающих их гранодиоритов Ауминзинского интрузива

| T/p                                 | 1(6)  | 2(6)  | 3     | 4     | 5     |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                    | 67,99 | 71,51 | 62,19 | 65,85 | 66,80 |
| TiO <sub>2</sub>                    | 0,44  | 0,32  | 0,75  | 0,65  | 0,63  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 15,31 | 14,45 | 18,21 | 16,80 | 15,58 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 1,13  | 0,48  | 0,99  | 0,84  | 1,05  |
| FeO                                 | 2,16  | 1,98  | 3,66  | 3,09  | 2,94  |
| MnO                                 | 0,03  | 0,05  | 0,05  | 0,06  | 0,04  |
| MgO                                 | 1,49  | 1,14  | 2,02  | 1,81  | 2,02  |
| CaO                                 | 3,74  | 1,76  | 4,49  | 3,92  | 3,08  |
| Na <sub>2</sub> O                   | 3,35  | 3,41  | 4,09  | 4,05  | 3,44  |
| K <sub>2</sub> O                    | 3,05  | 3,68  | 2,01  | 1,78  | 2,99  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>       | 0,23  | 0,09  | 0,28  | 0,17  | 0,18  |
| ППП                                 | 0,57  | 0,68  | 0,53  | 0,69  | 0,60  |
| H <sub>2</sub> O                    | 0,28  | 0,24  | 0,26  | 0,20  | 0,38  |
| CO <sub>2</sub>                     | 0,69  | -     | <2    | <2    | <2    |
| SO <sub>3</sub>                     | 0,12  | 0,07  | <0,1  | <0,1  | <0,1  |
| Сумма                               | 99,91 | 99,80 | 99,53 | 99,91 | 99,73 |
| <b>Петрохимические коэффициенты</b> |       |       |       |       |       |
| al'                                 | 3,40  | 4,19  | 2,73  | 2,93  | 2,59  |
| f                                   | 5,24  | 3,96  | 7,47  | 6,45  | 6,68  |
| кф                                  | 69,96 | 67,27 | 69,72 | 68,47 | 66,39 |
| t                                   | 8,41  | 8,01  | 10,04 | 10,08 | 9,43  |
| Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O  | 6,41  | 7,09  | 6,10  | 5,83  | 6,43  |
| Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O  | 1,11  | 0,93  | 2,03  | 2,28  | 1,15  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /FeO | 0,63  | 0,25  | 0,27  | 0,27  | 0,36  |
| <b>Нормативный состав по CIPW</b>   |       |       |       |       |       |
| Кварц                               | 26,96 | 31,33 | 16,74 | 23,08 | 24,65 |
| Плагиоклаз                          | 43,50 | 36,45 | 55,05 | 52,61 | 43,21 |
| Ортоклаз                            | 18,04 | 21,75 | 11,88 | 10,52 | 17,67 |
| Корунд                              | 1,10  | 2,46  | 1,81  | 1,49  | 1,52  |
| Диопсид                             | 1,75  | 1,99  | -     | -     | -     |
| Гиперстен                           | 5,86  | 5,37  | 9,70  | 8,42  | 8,52  |
| Ильменит                            | 0,84  | 0,60  | 1,42  | 1,23  | 1,20  |
| Магнетит                            | 1,63  | 0,70  | 1,44  | 1,22  | 1,52  |
| Апатит                              | 0,53  | 0,21  | 0,65  | 0,39  | 0,42  |
| Сумма                               | 99,13 | 98,83 | 98,69 | 98,96 | 98,71 |

Примечание. 1 – гранодиориты главной фазы (6), 2 – граниты поздней фазы (6), 3-5 – включения в гранодиоритах. В скобках количество определений

Результаты масс-спектрометрического анализа пород Ауминзинского интрузива, г/т

| Элемент | Кларк в земной коре [7] | 1(6)  | 2(6)  | Включения в гранодиоритах |        |        |              |
|---------|-------------------------|-------|-------|---------------------------|--------|--------|--------------|
|         |                         |       |       | 3                         | 4      | 5      | ср. из 3 ан. |
| Li      | 25                      | 34,83 | 19,42 | 33,00                     | 67,02  | 20,05  | 40,02        |
| Be      | 2                       | 4,04  | 4,31  | 3,00                      | 3,53   | 1,45   | 2,66         |
| B       | 9                       | 25,38 | 20,78 | 640,00                    | 754,66 | 803,97 | 732,88       |
| Sc      | 17                      | 3,39  | 1,41  | 9,00                      | 2,88   | 12,66  | 8,18         |
| V       | 12                      | 51,40 | 35,27 | 78,00                     | 59,89  | 92,67  | 76,85        |
| Cr      | 93                      | 74,68 | 54,33 | 74,00                     | 81,53  | 95,01  | 83,51        |
| Co      | 23                      | 5,51  | 2,49  | 10,00                     | 5,64   | 15,42  | 10,35        |
| Ni      | 70                      | 61,59 | 50,01 | 40,00                     | 66,76  | 36,46  | 47,74        |
| Cu      | 53                      | 46,59 | 11,96 | 12,00                     | 30,18  | 21,27  | 21,15        |
| Zn      | 68                      | 66,99 | 31,94 | 96,00                     | 41,68  | 67,25  | 68,31        |
| Ga      | 17                      | 19,57 | 18,58 | 15,00                     | 13,01  | 17,98  | 15,33        |
| As      | 1,8                     | 15,87 | 39,50 | 11,00                     | 9,70   | 6,70   | 9,13         |
| Se      | 0,073                   | 2,70  | 2,36  | 3,40                      | <0,5   | 1,86   | 2,63         |
| Y       | 32                      | 19,67 | 12,00 | 24,00                     | 18,85  | 16,22  | 19,69        |
| Zr      | 160                     | 75,19 | 71,75 | 90,00                     | 52,37  | 105,18 | 82,52        |
| Nb      | 21                      | 15,44 | 11,51 | 12,00                     | 8,02   | 6,84   | 8,95         |
| Mo      | 1,2                     | 28,39 | 4,45  | 7,90                      | 87,43  | 2,86   | 32,73        |
| Ag      | 0,073                   | 0,29  | 0,60  | 0,34                      | 0,33   | 0,41   | 0,36         |
| Cd      | 0,17                    | 0,18  | 0,21  | 0,37                      | 0,14   | 0,12   | 0,21         |
| In      | 0,15                    | 0,09  | 0,02  | 0,09                      | 0,05   | 0,04   | 0,06         |
| Sn      | 2,3                     | 7,37  | 5,03  | 3,00                      | 4,52   | 2,46   | 3,33         |
| Sb      | 0,3                     | 1,04  | 0,71  | 0,79                      | 0,66   | 0,81   | 0,76         |
| Te      | 0,003                   | 0,06  | 0,12  | 0,06                      | <0,001 | 0,03   | 0,04         |
| Cs      | 4,3                     | 13,51 | 6,70  | 5,00                      | 4,56   | 8,82   | 6,13         |
| Hf      | 2,4                     | 2,75  | 2,72  | 2,50                      | 1,25   | 2,99   | 2,24         |

Таблица 2  
Продолжение

|              |        |        |       |        |       |       |       |
|--------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Ta           | 2,2    | 1,72   | 1,58  | 1,20   | 0,64  | 0,67  | 0,84  |
| W            | 1,4    | 2,36   | 1,09  | 1,30   | 2,19  | 3,29  | 2,26  |
| Re           | 0,0008 | 0,01   | 0,00  | 0,00   | 0,04  | 0,00  | 0,01  |
| Pt           | 0,0057 | 0,01   | 0,01  | 0,01   | 0,00  | 0,01  | 0,01  |
| Tl           | 0,9    | 1,35   | 0,92  | 1,10   | 1,28  | 0,79  | 1,06  |
| Pb           | 13     | 25,95  | 20,76 | 23,00  | 14,75 | 16,21 | 17,99 |
| Bi           | 0,19   | 0,31   | 0,26  | 0,15   | 0,29  | 0,16  | 0,20  |
| Th           | 10     | 10,83  | 11,83 | 12,00  | 5,22  | 8,80  | 8,68  |
| U            | 2,6    | 4,04   | 2,21  | 3,00   | 14,39 | 3,46  | 6,95  |
| $\Sigma$ РЗЭ | 163,00 | 100,70 | 72,97 | 130,45 | 62,40 | 92,19 | 95,01 |

Примечание. 1 – гранодиориты главной фазы (6), 2 – граниты поздней фазы (6), 3-5 – включения в гранодиоритах. В скобках количество определений

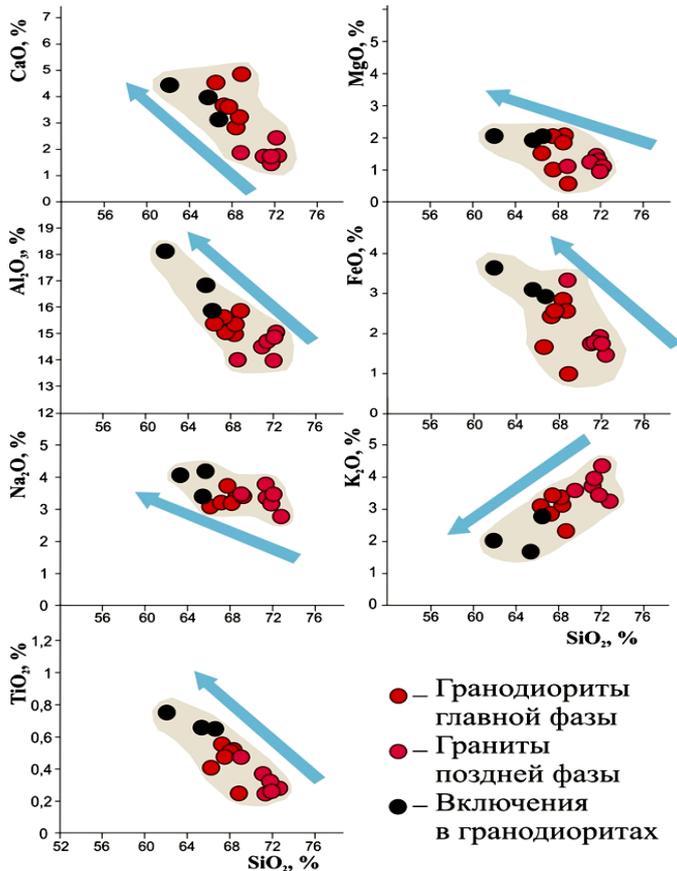


Рис.6. Диаграмма Харкера для пород Ауминзского гранитоидного интрузива

Составы включений и самих гранитоидов Ауминзского интрузива образуют единый тренд на бинарных диаграммах Харкера по всем окислам, по отношению кремнезема (рис.6), что свидетельствует о их родственном характере.

Распределение количества микроэлементов в породах Ауминзского интрузива устанавливает их практическую идентичность в гранодиоритах, гранитах и включениях (табл.2). Характер кривых спайдер-диаграммы (рис.7) показывает, что геохимические показатели гранодиоритов, гранитов и включений сходны. При этом обнаруживается увеличение кларков концентрации лития, бора, ванадия, хрома, никеля, цинка, гафния, мышьяка, циркония, молибдена и свинца в десятки раз, что характерно для гранитоидов Ауминзского интрузива

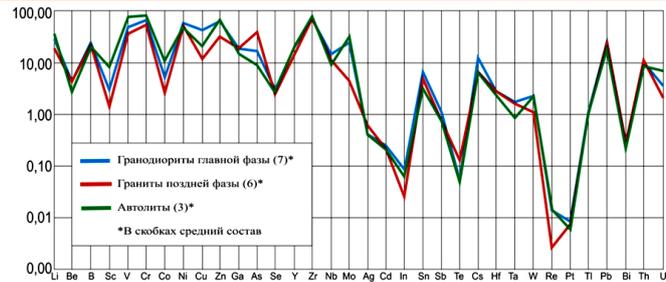


Рис.7. Спайдер-диаграмма распределение химических элементов для пород Ауминзского интрузива

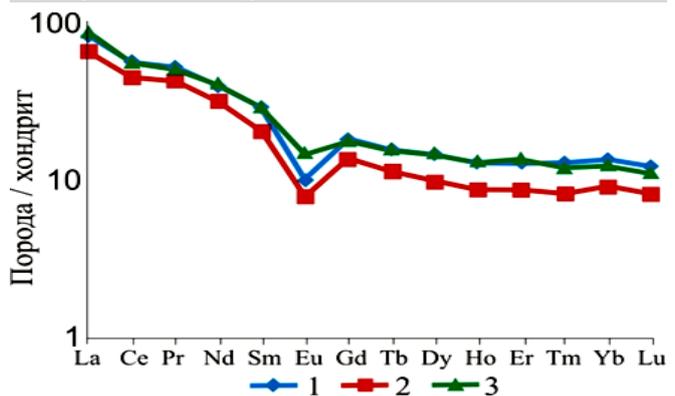


Рис.8. Хондрит-нормализованное [9] распределение РЗЭ в породах Ауминзского интрузива

[8]. Относительно низкие содержания элементов характерны для церия, серебра, индия, таллия, рения, платины, висмута и урана.

Суммарное содержание РЗЭ в гранитоидах Ауминзского интрузива - в гранодиоритах главной фазы 101  $г/т$ , в гранитах поздней фазы 73  $г/т$ , во включениях 95  $г/т$ , при этом отношение La/Yb соответственно 9,63, 10,52 и 10,28. Наблюдающийся, при этом европиевый минимум свидетельствует о большем фракционировании гравитационной магматического расплава при их формировании (рис.8).

Приведенные результаты исследований позволяют сделать заключение, что меланократовые включения, обнаруженные в Ауминзских гранитоидах, по петро- и геохимическим особенностям относятся к родственным образованиям по отношению к гранитоидам и являются предшественниками более ранней фазы рассматриваемого гранитоидного комплекса. Они отражают характер гравитационной дифференциации единой магматической камеры, формировавшей указанные разновидности интрузивных пород.

### Библиографический список:

- 1.Г.А.Валуй. Образование автолитов в гранитоидах как флюидно-магматическое расслоение расплавов //Тихокеаническая геология. 1997. Том 16. №1. – С. 11-20.
- 2.Ишбаев Х.Д. Ксенолиты и гомеогенные включения в магматических образованиях (на примере Кызылкум-Кураминского окраинно-континентального вулканического пояса). –Т.: ГП "МРИТИ", 2016. – 176 с.
- 3.Ермолов П.В., Владимиров А.Г., Каргополов С.А., Малых М.М. Глубинные включения в гранитоидах складчатых областей.- Новосибирск: Наука, 1990.- 144 с.

4. Ферштатер Г.Б., Бородина Н.С. Петрология автолитов в гранитоидах //Изв. АН СССР. Сер. геол. -1976.- №2.- С.36-48.
- 5.Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. – Т.: Университет, 1998. – С. 192-345.
- 6.Селтман Р., Конеев Р.И., Диваев Ф.К., Халматов Р.А. Новые данные об абсолютном возрасте магматизма и золотого оруденения в Узбекистане //Геология и минеральные ресурсы. 2014. № 2. – С.10-15.
- 7.Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. – М.: Недра, 1990. – 348 с.
- 8.Амиров Э.М., Карабаев М.С., Джурабаев А.Б., Оролов А.К. Ауминза тоғи интрузив комплекслари тоғ жинсларида маъданли ва нодир ер элементларининг тарқалиш хусусиятлари // Горный вестник Узбекистана 2019. №79/4. С. 57-60.
- 9.McDonough W.F., Sun S.S. The Composition of the Earth //Chemical Geology. 1995. Vol. 120. – pp. 223-253.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №3 (82) pp. 22-26

## INCLUSIONS IN GRANODIORITES OF THE AUMINZINSKY INTRUSION (CENTRAL KYZYLKUM)

<sup>1</sup>Amirov E.M., basic doctoral students, amirov.7992@gmail.com

<sup>1</sup>Institute of Geology and Geophysics named after N.M. Abdullaev, Tashkent, Uzbekistan

### Abstract

Based on a study of the composition, petro- and geochemical features of the inclusions and hostgranitoid rocks of the Auminzatau mountains, their identity was established and a conclusion was drawn on the correspondence of melonatic fragments to the earlier phase of the earlier phase of the granitoid complex under consideration, reflecting the nature of the gravitational differentiation of a single magma chamber, which formed these varieties of intrusive formations

**Keywords:** Aumininsky intrusion, granodiorites, granites, inclusions, diorites and quartz diorites, mineral composition, petrochemism, geochemical signs, fractional differentiation

### References

- 1.Valuy G.A. Formation of autoliths in granitoids as fluid-magmatic stratification of beds //Pacific geology. 1997. Tom 16. №1. – pp. 11-20.
- 2.Ishbaev H.D. Xenoliths and homogeneous inclusions in magmatic formations (on the example of the Kyzylkum-Kuramin marginal-continental volcanic belt). –Т.: GP "NIIMR", 2016. – 176 p.
- 3.Ermolov P.V., Vladimirov A.G., Kargapolov S.A., Malykh M.M. Deep inclusions in granitoids of folded areas. Novosibirsk: Science, 1990.- pp. 144.
- 4.Fershtater G.B., Borodina N.S. Petrology of autoliths in granitoids // Izv. USSR Academy of Sciences/ Ser. geol. -1976.- №2.- pp.36-48.
- 5.Geology and minerals of the Republic of Uzbekiston. – Т.: University, 1998. – pp. 192-345.
- 6.Seltman R., Koneev R.I., Divaev F.K., Halmatov R.A. New data on the absolute age of magmatism and mineralization in Uzbekistan //Geology and mineral resources. 2014. № 2. – pp.10-15.
- 7.Ovchinnikov L.N.. Applied geochemistry.–М.: Bosom, 1990.–348 p.
8. Amirov E.M., Karabayev M.S., Djurabayev A.B., Orolov A.K.Features of the distribution of ore and rare earth elements in the cks of the intrusive complexes of Mount Auminza // Mountain messenger of Uzbekistan/ 2019. №79/4. pp. 57-60.
- 9.McDonough W.F., Sun S.S. The Coomposition of the Earth // Chemical Geology. 1995. Vol. 120.– pp. 223-253.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ



Государственное предприятие НГМК  
 Производственное объединение  
 "Навоийский машиностроительный завод"  
[www.ngmk.uz](http://www.ngmk.uz)  
 Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
 Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23  
 Факс: (+99879) 223-48-78  
 E-mail: [inonmz@ngmk.uz](mailto:inonmz@ngmk.uz)



# МИНЕРАЛОГ-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ЧАКЫЛКАЛЯНСКОГО МЕГАБЛОКА (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)



**Ярбобоев Т.Н.,**  
доцент кафедры «Геология и  
разведка месторождений  
полезных ископаемых» КИЭИ  
к.г.- м.н.



**Очилов И.С.,**  
ст. препод. кафедры «Геология и  
разведка месторождений  
полезных ископаемых» КИЭИ



**Султонов Ш.А.,**  
ст. препод. кафедры «Геология и  
разведка месторождений  
полезных ископаемых» КИЭИ



**Хушваков Б.А.,**  
ведущий геолог ГУП  
«Гиссаргеология»

*Chakilklon megablokidagi karbonatli tog 'jinslarida teletermal oltin rudalarini mineralashtirishning mineralogik va geokimyoviy xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Rudalar tarkibining asosiy xususiyatlari va ularning mineralogik va geokimyoviy turlari tavsiflanadi: oltin-sulfidli kvarts va oltin-loy toshlari (oltin uchun) va skarn, apotuffitlangan skarnoid va apogranit slanetsli kvarts metasomatitlari (volfram uchun). Ko'rib chiqilayotgan megablok konlari mineral karbonat yotqizillarini to'plash sharoitlariga qarab turli xil elementlar va o'zaro bog'liq elementlarning kontsentratsiyasi bilan tavsiflanadi.*

**Tayanch iboralar:** oltin rudalarini mineralashtirish, karbonatli konlar, ma'danlarning mineralogik va geokimyoviy turlari, sof oltin, rudali zonalar, ikkilamchi minerallar, teletarmal, mineral paragenез.

*Рассмотрены минералого-геохимические особенности телетермального золотого оруденения в карбонатных породах Чакылкалянского мегаблока. Охарактеризованы основные особенности состава руд и их минералого-геохимические типы: золото-сульфидно-кварцевого и золото-аргиллизитового типов (для золота) и скарново-шеелитового, апотуффитового скарноидного и апогранитодного шеелитоносных альбит-кварцевых метасоматитов (для вольфрама). Показано, что руды рассматриваемого мегаблока характеризуются различным набором и концентрациями сопутствующих элементов в зависимости от условий накопления рудовмещающих карбонатных толщ.*

**Ключевые слова:** золоторудная минерализация, карбонатные отложения, минералого-геохимические типы руд, самородное золото, рудоносная зона, вторичные минералы, телетермальный, минеральные парагенезисы.

Рост золотодобывающей промышленности и наращивание объемов производства драгоценного металла – одно из важнейших направлений деятельности правительства Узбекистана. Так, специальным постановлением президента от 17 января 2019 г. были утверждены меры по дальнейшему развитию горно-металлургической отрасли. Теперь крупные горно-металлургические предприятия обяжут готовить отчетность по международным стандартам, осуществлять внедрение корпоративного раскрытия, публиковать данные по экономическим, социальным и экологическим вопросам. Было решено ускорить деятельность государственных органов по реализации долгосрочных программ в горно-металлургической отрасли, разработать концепцию, согласно которой крупные предприятия будут финансироваться исключительно путем первичного и вторичного публичного размещения акций на местных и международных фондовых рынках [1].

Согласно проекту концепции развития геологической отрасли Узбекистана, на 2020-2024 гг. за ближайшие пять лет планируется увеличить разведанные запасы золота в стране на 474 тонны (по категории C1+C2). В соответствии с расчетами Госкомгеологии, 45% от общих ассигнований на геологоразведочные работы пойдут на поиск, оценку и разведку драгоценного металла. Общий объем инвестиций, направленных на увеличение запасов золота, составит около 230 млн. долл. [2].

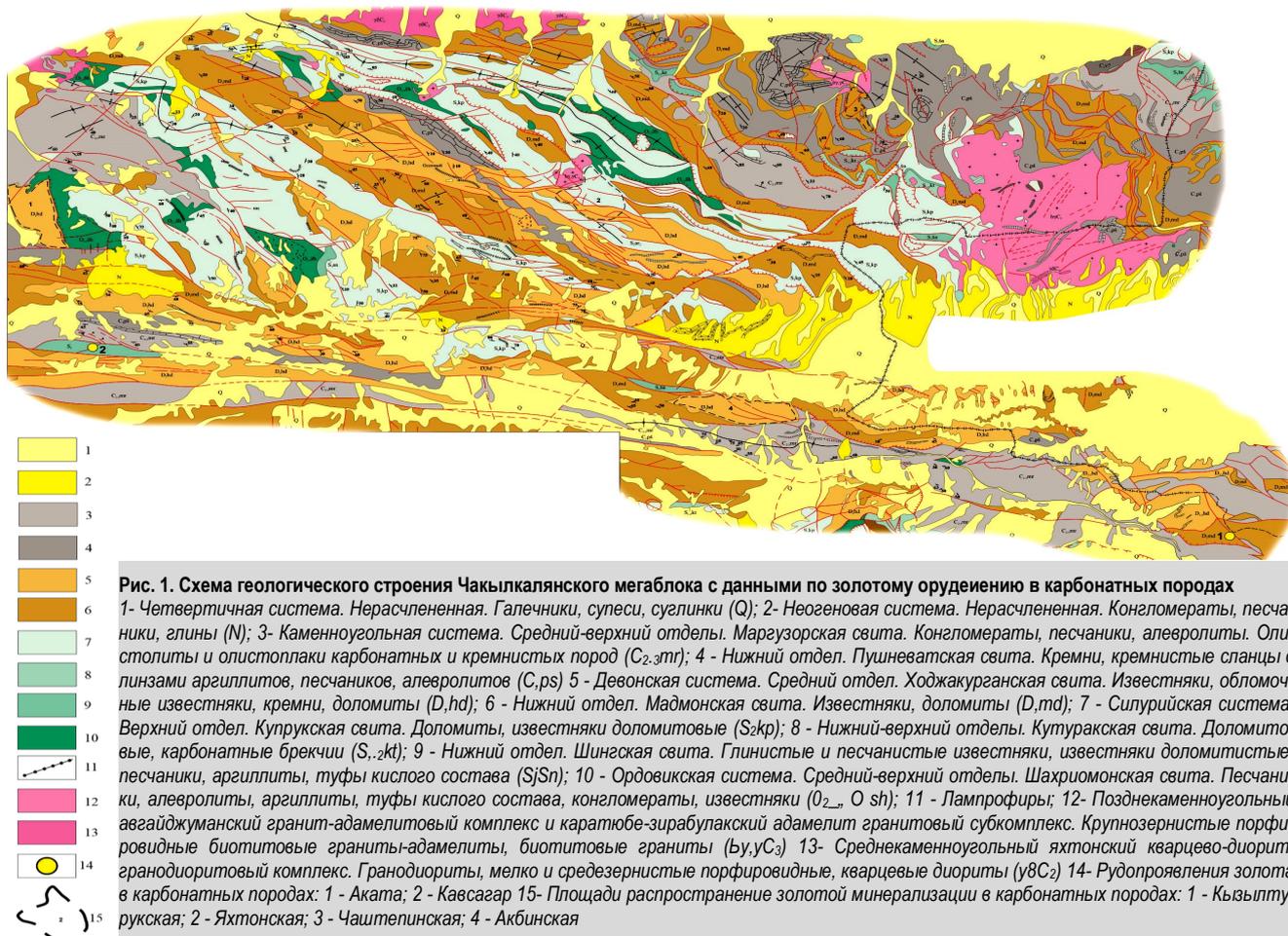
Один из объектов на котором планируется поиск, оценка и разведка драгоценного металла является Чакылкалянский мегаблок. Мегаблок расположен в пределах Зарафшано-Алайской структурно-формационной зоны Южно-Тяньшанского складчато-надвигового пояса. С востока блок граничит с Магианским рудным полем, являющимся западным окончанием Шинг-Магианского сурьмяно-

ртутного рудного пояса. С запада блок примыкает к Каратюбинскому гранитоидному интрузиву и его сателлитам, обрамленным палеозойскими карбонатно-терригенными отложениями.

Структурно-вещественным наполнением Чакылкалянского мегаблока являются шарьяжно-надвиговые пластины, сочетающиеся с грабеноподобными троговыми структурами, выполненными олистостромовыми толщами. Для Чакылкалянского мегаблока характерно широкое развитие карбонатных толщ, слагающих отдельные тектонические пакеты.

Металлогенетический профиль Чакылкалянского мегаблока определяют в первую очередь золото и вольфрам, образующие разноформационные месторождения и рудопроявления: золото-сульфидно-кварцевого и золото-аргиллизитового типов (для золота) и скарново-шеелитового, апотуффитового скарноидного и апогранитодного шеелитоносных альбит-кварцевых метасоматитов (для вольфрама).

Практически во всех частях Чакылкалянского мегаблока в карбонатных породах выявлена золоторудная минерализация (в западной части на участках Кызылтурукского рудного поля и в центральной части на месторождении Акба в известняках терригенно-кремнисто-карбонатной формации; в северной части в пределах Яхтонского рудного поля в породах доломитовой и известняково-доломитовой фаций карбонатной формации; в северо-восточной части в пределах Чаштепинского рудного поля в породах известняковой фации карбонатной формации). Но наиболее полно золотое оруденение в карбонатных породах проявлено на рудопроявлении Аката в восточной части Чакылкалянского мегаблока и на рудопроявлении Кавсагар в его юго-западной части (рис. 1).



Выявленное на этих объектах золотое оруденение в карбонатных породах можно отнести к двум подтипам: акатинскому с формированием золотоносных метасоматитов по строматолитовым известнякам и кавсагарскому, для которого характерны аподолмитовые метасоматиты.

#### Акатинский подтип.

Вмещающие золотое оруденение карбонатные отложения в бассейне р. Джиндадарья образуют широтно-вытянутую полосу останцев крупного щарьяжно-надвигового сооружения, рассеченных широко проявленными на площади диагональными и ортогональными зонами разрывных нарушений. Карбонатные (и развитые фрагментарно кремнистые) породы, слагающие останцы тектонического покрова, смяты в симметричные и ассиметричные анти- и синформные складки, оси которых преимущественно вытянуты в широтном направлении. В синформированных тектонических пластинах сохраняются максимальные мощности средне-верхнепалеозойского карбонатного разреза. К одной из таких синформированных тектонических пластин и приурочено золото-карбонатное оруденение рудопроявления Аката.

Золоторудная минерализация на месторождении Аката размещается среди карбонатных пород, представленных преимущественно толстоплитчатыми и массивными пелитоморфными и строматолитовыми известняками, по которым формируются зоны с кальцит-гетит-гематит-гидрослюдистой минерализацией.

Золотая минерализация на рудопроявлении Аката локализована в трех геологических образованиях: 1) в гидротермокарстовых брекчиях, представляющих собой первичные руды; 2) в катаклазитах, сформированных по гидротермокарстовым брекчиям; 3) в жильном кальците.

На всей площади участка Аката, вмещающие золотое оруденение известняки претерпели существенные изменения, связанные с воздействием на них эндогенных процессов (формирование зон гидротермокарстовых брекчий и сопутствующих им зон метасоматической перекристаллизации).

Максимальной интенсивности изменения в известняках достигают в гидротермокарстовых брекчиях, вероятно связанных с формированием зон повышенной трещиноватости северо-западного простирания, предположительно секущих напластования карбонатных пород. Известняки в этих зонах в течение длительного времени были подвержены растворению под действием термальных растворов, поступающих в зону снизу вверх. При этом, вероятно, скорость растворения известняков была неодинакова в различных частях зон – на участках повышенной трещиноватости, резко выраженной гетерогенности строения скорость растворения была существенно выше, чем на участках, сложенных массивными пелитоморфными разностями. За счет неравномерного растворения в зоне формировался карбонатный каркас, насыщенный многочисленными пустотами, которые в последующем выполнялись продуктами эндогенной гидротермальной деятельности (кальцит, гидрослюды, каолинит, гематит).

В относительно крупных пустотах за счет обрушивающихся стенок и кровли, образовались многочисленные обломки вмещающих зону пород. Цемент брекчии состоит в основном из кальцита с примесью гидрослюдисто-каолинитового агрегата. Реже цемент брекчии состоит из гетит-гидрослюдистого материала с примесью кальцита и гематита.

По данным дифрактометрического анализа лентовидные полости кальцит – гидрослюдистого состава имеют следующий состав: кальцит 44,7%, сумма глинистых минералов 43,3%, гематит 8,2%, апатит 3,8%. Глинистые минералы представлены каолинитом (30%) и гидрослюдой (70%), представляющей смешанно-слоистое образование, состоящее из гидрослюды 2M мусковитового типа, содержащей до 10% монтмориллонитовых слоев.

Границы зоны гидротермокарстовых брекчий извилистые и в значительной степени условны, поскольку брекчии переходят в перекристаллизованные известняки с постепенно убывающим количеством новообразованного кальцита.

Обновление тектонических швов на поздних стадиях формирования рудоносной зоны приводит к образованию золотоносных катаклази-

тов, сформированных по гидротермокарстовым брекчиям. Катаклазиты представлены рыхлой массой гидрослюдисто-гетитового состава с большим количеством обломков кальцита различных генераций и содержат тектонические окатыши вмещающих известняков и золотосодержащих карбонатных брекчий.

Золотое оруденение на рудопроявлении Аката характеризуется простым вещественным составом. К главным рудным минералам относятся самородное золото и гематит, к второстепенным – пирит, киноварь и самородная латунь.

Самородное золото образует редкую, но довольно равномерно распределенную вкрапленность, приуроченную в основном к участкам зоны гидротермокарстовых брекчий, насыщенных продуктами эндогенной гидротермальной деятельности.

Формы выделения самородного золота по данным изучения в аншлифах обычно округлые, размер выделений 0,001-0,02 мм. Наиболее дисперсное золото приурочено к лентовидным гидрослюдистым образованиям (0,004 мм и менее), где оно располагается и в самих гидрослюдах, и в каемках гематитизации, развитых вдоль них.

По составу самородное золото весьма высокопробное, обычно содержит 95-98% Au, изредка почти 100%. Из примесей присутствуют преимущественно медь (до 5,0-12,3%) и в единичном случае железо. Содержания меди варьируют от 0,6 до 5,0%, распределение ее обычно равномерное, хотя иногда отмечается нечетливо зональное строение золотин, заключающееся в приуроченности более высоких содержаний меди к их центральной части, сопровождающееся соответственно повышением пробыности к краям включений (рис. 2).

Несколько более повышенное содержание меди (12,3%) отмечено во включениях самородного золота, встреченном в светло-сером пелитоморфном известняке на участке его метасоматической гематитизации.

Включение округлой формы размером 0,007 мм образует сростание с включением пирита также округлой формы размером 0,005 мм.

Изучение морфологических особенностей видимого самородного золота рудопроявления Аката (Г.С.Попенко, 1984 г.) позволили выделить следующее:

- в золотоносных брекчиях и катаклазитах по крупности видимого самородного золота установлены следующие классы: тонкодисперсный (0,001-0,01 мм), пылевидный (0,01-0,05 мм), весьма мелкий (0,05-0,1 мм), мелкий (0,1-0,25 мм), с существенным преобладанием тонкодисперсного и пылевидного классов;

- в извлеченном из проб золоте по количеству знаков повсеместно преобладает пылевидный класс (от 65% в катаклазитах до 87% в брекчиях);

- выделены две основные морфогенетические разновидности самородного золота: а) с металлическим блеском существенно гидротермального происхождения, которое образует вкрапления в виде монокристаллов и их сростков (октаэдры, кубооктаэдры, сложные монокристаллы, двойники, тройники, пятерики), а также комковидные, уплощенно-комковидные, уплощенно-ксеноморфные выделения в зернах кальцитовых прожилков среди катаклазитов, интерстициальные и трещинные формы в брекчии и катаклазитах; б) переотложенное гипергенное золото с полуметаллическим блеском, образующее микрокристаллические наросты на первичных золотилах, пленки, комочки, пластинки с пористой структурой поверхности и размером микрокристаллов менее 0,01 мм (ассоциирует с переотложенными гидроокислами железа).

Самородное золото ассоциирует с киноварью, гетитом по пириту и кальцитом, встречающимся в виде гнезд среди катаклазита.

Золото в ассоциации с киноварью установлено также в двух кальцитовых жилах СЗ простираения. Здесь золото образует выделения размерами в сотые и тысячные доли мм среди кальцита, в котором также размещены вкрапленники кристаллической киновари размерами в десятые доли мм.

В результате фазового анализа двух проб руд рудопроявления Аката были установлены формы нахождения золота и характер его связи с различными компонентами рудоносного субстрата. Основная масса золота выявлена в виде сростков с рудными компонентами (цианируемое золото) – 70,0 – 71,2%; далее золото в виде свободных металлических зерен (амальгамируемое золото) – 20,0 – 4,2%. Остальная часть золота представлена примерно равными

долями в виде тонко вкрапленных разностей в пирите; а также в кварце и алюмосиликатах.

Гематит образует равномерную вкрапленность в гидрослюдистом агрегате, а также во внутризерновом пространстве кальцита, как в цементе гидротермокарстовых брекчий, так и в метасоматических каемках вдоль прожилков кальцита и гидрослюды, что характеризует его эндогенную природу. Вкрапленность гематита в виде хлопьевидных и аттоловидных выделений размером 0,002-0,01 мм не образует каких-либо сгустков или сростаний с самородным золотом или пиритом. Несмотря на часто близкие формы выделений, случаи замещения пирита гематитом не отмечены, что также может свидетельствовать о гипогенной природе гематита.

Пирит также образует довольно равномерно распространенную редкую вкрапленность размером 0,005-0,05 мм в цементе гидротермокарстовых брекчий, в зонах метасоматической гематитизации, в кальцит-гетит-гидрослюдистых образованиях, реже в сутуро-стилолитовых швах, выполненных лимонитом.

Более крупные вкрапления имеют кубическую форму и в участках лимонитизации интенсивно окислены (за счет чего брекчия в отдельных участках имеет бурую окраску). Более тонкая вкрапленность пирита (0,005 мм и менее) имеет неправильную или реже глобулярную форму и распределяется обычно внутри зерен кальцита. В крупнокристаллическом кальците пирит образует вкрапленность в трещинах спайности размером около 0,01 мм. По данным микрорентгеноспектрального анализа пирит имеет химический состав близкий к теоретическому (48,62% железа и 52,93% серы) и более высокое отношение Fe/S = 0,92 по сравнению с теоретическим (0,87), что может свидетельствовать о заметном дефиците серы при сравнительно невысокой температуре (недостаточной для образования пирротина). Об этом же может свидетельствовать и ассоциация пирита с гематитом.

Киноварь встречается только среди кальцитовых образований с гетитом, где образует очень редкие вкрапления неправильной и каплевидной формы размером 0,01-0,05 мм, редко до 0,1 мм в сростании с ромбическими зернами доломита. Сростаний с самородным золотом и другими рудными минералами не образует.

Самородная латунь встречается в виде редких очень мелких (0,001-0,005 мм) включений близко к округлой формы в кальцитовых жилах, развиваясь вдоль трещин спайности кристаллов кальцита. Состав её по данным микрорентгеноспектрального анализа следующий: медь 67,8%, цинк 32,13%.

Для установления природы золотосодержащих кальцитов и температур их образования был выполнен комплекс термобарогеохимических исследований, включающих декрептометрические исследования пород в рудных зонах, изучение фазового состава и температур гомогенизации газовой-жидких включений в кальцитах из золотоносных брекчий и из кальцитовых жил с золотом и киноварью, изучение в двух пробах кальцитов солевого и газового состава газовой-жидких включений (В.С.Полыковский, 1985 г.).

Указанные исследования однозначно доказали гидротермальное происхождение первичных руд на рудопроявлении Аката. Этот вывод обосновывается следующими данными:

- во всех разновидностях исследованных кальцитов присутствуют газовой-жидкие включения, в которых устанавливаются две фазы: жидкая и газовая (в случае происхождения кальцитов их холодноводных вадозных растворов включения в них были бы только однофазными жидкими);

- все газовой-жидкие включения гомогенизируются в жидкую фазу;
- по данным гомогенизации газовой-жидких включений в кальцитах определена общая схема температурной стадийности гидротермального процесса: гидротермальные растворы, участвовавшие в образовании золотосодержащих брекчий карбонатного состава имели температуры 212°-126°С, а образование кальцитовых жил с золотом и киноварью происходило из гидротермальных растворов, имевших температуру 142-113°С.

Химический анализ двух проб руды рудопроявления Аката позволил установить следующие содержания петрогенных и рудогенных элементов: CaO – 50,4 - 52,08%; SiO<sub>2</sub> – 1,7 - 4,9%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,5 - 1,7%; MnO – 0,04 - 0,05%; TiO<sub>2</sub> – 0,01-0,04%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,06%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,5 -

0,65%; FeO – 0,1%; S<sub>общ</sub> – 0,03- 0,24%; Au – 2,0 - 3,3 г/т; Ag – 1,0 г/т; As – 0,018 - 0,1%; Sb – 0,001 - 0,015%; Cu – до 0,007%; Pb – до 0,02%; Zn – 0,04 – 0,05%; Co – до 0,005%.

Таким образом, для акатинского подтипа золотого оруденения характерны: а) приуроченность к карбонатным секциям разреза с преобладанием строматолитовых известняков; б) низкие температуры образования рудовмещающих образований (кальцит, гидрослюды); в) своеобразный минеральный парагенезис золотоносных ассоциаций (самородное золото, гематит, апатит, киноварь); г) специфическая геохимия рудоносной зоны, выраженная в накоплении в окорудном пространстве фосфора, ртути, меди и цинка; д) заметный дефицит серы в рудоносных растворах, приводящий к появлению самородной латуни и присутствию меди в самородном состоянии (в виде примеси в золотилах), а не в виде сульфида; отчетливой ассоциации пирита с гематитом, а также более высокое в пиритах отношение Fe/S по сравнению с теоретическим.

Проведенный ртутнометрический анализ по выборочным пробам, представляющим различные литотипы пород участка Аката (от слабо измененных пелитоморфных известняков до гидротермокарстовых брекчий), позволяет констатировать слабо выраженную корреляционную связь между золотом и ртутью, как в целом для всей выборки (190 проб, коэффициент корреляции 0,27), так и отдельно для рудных образований (40 проб, коэффициент корреляции 0,18).

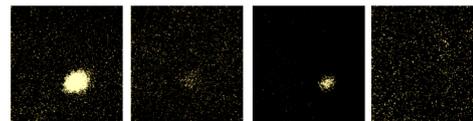
Кавсагарский подтип золотого оруденения формируется по доломитам с четко выраженным магниезиальным выщелачиванием и кальциевым метасоматозом. Вмещающие породы представлены доломитовой фацией карбонатной формации, в низах разреза которой залегает горизонт амфиболовых доломитов мощностью 5-25 м. В целом же фация представлена темно-серыми доломитами, не содержащими определяемых органических остатков, для которых обычна массивная текстура с нечеткой полосчатостью. Плитчатые доломиты с серыми до светло-серыми разностями развиты локально, чаще у границ фации. В доломитах содержится несколько повышенное количество силикатного и алюмосиликатного материала, включения кремнистых желваков и стяжений, сеть мелких кремневидных прожилков.

Исходные доломиты в золотоносных метасоматитах на рудопроявлении Кавсагар наблюдаются в виде реликтовых участков с размытыми границами. Доломиты в них серые, тонкозернистые, ощутимо пористые. Большая часть объемов метасоматитов сложена метасоматическим кальцитом, образующим участки афанитоподобной структуры и макроскопически выраженную тонкую вкрапленность в массе с нечеткими границами с вмещающей массой и, по-видимому, выполняет систему тончайших трещин. Поздний кальцит образует прожилковидные обособления мощностью 2-3 мм, часто приуроченные к границам участков исходных доломитов и метасоматического кальцита. Участки новообразованного метасоматического кальцита имеют линзовидные очертания, что может свидетельствовать об избирательном характере кальциевого метасоматоза. Халцедоновидный кварц в метасоматитах образует единичные линзовидные обособления (с преобладающими размерами 10-15х4-6 мм).

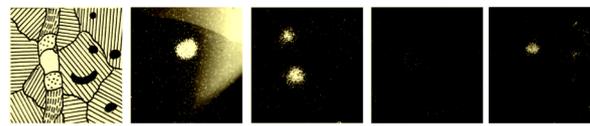
Золотоносные метасоматиты, формирующиеся по карбонатным породам, имеют брекчиевидный облик. Формирование золотоносных апокарбонатных метасоматитов предположительно происходило по схеме: дедоломитизация, с формированием дometасоматического пористого каркаса - отложение продуктов кальциевого метасоматоза - наложение на сформированные метасоматиты стресс-деформаций, с формированием макро- и микротрещин - выполнение трещин кварцем и в последующем поздним кальцитом.

Рудоносная зона на рудопроявлении Кавсагар приурочена к системе трещин северо-восточного и субмеридионального простирания, опережающих межформационный срыв регионального распространения между нижне-среднепалеозойскими карбонатными отложениями и олистостромовой толщей средне-верхнекаменноугольного возраста (рис. 2).

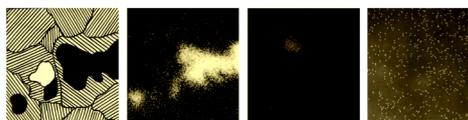
Рудоносная зона состоит из золотоносных брекчиевидных аподоломитовых метасоматитов и штокверка халцедоновидного кварца, представляющего отчетливую индикаторную минерализацию при поисках золотого оруденения в карбонатных породах.



Площадь сканирования 20x20 мк, 1, 3 - золото; 2, 4 - медь  
1, 2 - аншлиф 4-А-г; 3, 4 - аншлиф 2-А



Аншлиф 29-А. Увеличение 1100. 6-9 - распределение элементов:  
6-золота; 7-серы; 8-меди; 9-железа.



Увеличение 1700.  
Распределение элементов:  
11 - железа; 12, 15 - золота; 13, 16 - меди.  
10-13 - аншлиф 3-А; 14-16 - аншлиф 4-А

5, 10, 14 - зарисовки площади сканирования;



**Рис.2. Распределение элементов во включениях самородного золота, гематита и пирита по данным микроанализа**

В штокверке локализованы кварцевые и кварц-сульфидные прожилки, группирующиеся в три участка близизометричной формы. Мощность отдельных прожилков варьирует от 1-2 до 5-8 см. Развитие рудоносных кварцевых прожилков контролируется главным образом трещинами субмеридионального простирания и только отдельные прожилки, в том числе наиболее мощные, приурочены к трещинам северо-западного простирания.

Рудные минералы в кварцевых прожилках представлены сульфосолями сложного состава, блеклой рудой, сульфидами серебра, редко самородным серебром, золотом и касситеритом. Среди сульфосолей выделяются свинцово-оловянные и свинцово-сурьмяные разности, а также сульфосоли сложного состава.

Оловосодержащая сульфосоли (предположительно тиллит – PbSnS<sub>2</sub>) образует выделения размером 0,1мм в виде вкраплений реликтового характера среди замещающих ее продуктов разложения. Окаймляется прожилковидными включениями серебра размером 0,01-0,02 мм. По данным полуквантитативного локально-лазерного спектрального анализа основными компонентами являются: олово – 15-20%, медь – 10%, свинец – 10%, железо – 10%; кроме них присутствуют – цинк – 5% и сурьма – 1%.

Свинцово-сурьмяная сульфосоли (цинкеит – PbSb<sub>2</sub>S<sub>4</sub>) образует тонкие иголки в кварце и небольшие гнезда среди серовато-черной массы биндгеймита. Игольчатые сульфосоли очень часто замещены опаловидным светло окрашенным биндгеймитом. Размер выделений цинкеита не превышает 0,1-0,3 мм. По данным локально – лазерного спектрального анализа основными компонентами в минерале являются свинец и сурьма (20-25%). Устанавливаемые этим же методом повышенные содержания меди (10%) обусловлены псевдоморфозами по цинкеиту ковелина и халькозина, а серебра (около 10%) – включениями самородного серебра.

Сульфосоли сложного состава имеет реликтовый характер выделений, а вторичные продукты, развитые по ней, образуют зонально-петельчатые и тонкодисперсные структуры замещения. По данным локально-лазерного анализа состав сульфосоли следующий: медь (20%), серебро, свинец, сурьма (по 10%), цинк (3%), железо и мышьяк (по 1%).

Блеклая руда (по оптическим свойствам и составу может быть отнесена к цинксодержащему тетраэдриту) представлена мелкозернистыми гнездообразными вкраплениями размером до 0,5 мм, находящимися в тесной ассоциации с биндгеймитом. Основными компонентами являются медь и сурьма, а также в значительных количествах присутствуют цинк (1-3%) и свинец (1%).

Сульфид серебра типа акантита образует мелкие включения размером 0,1-0,2 мм в кварце в ассоциации с цинкеитом и биндгеймитом. Цвет его коричневатый-черный.

Серебро отмечается в виде двух разновидностей. Одна из них развита в виде тончайших (0,01-0,001 мм) прожилковидных выделений в цинкеите и оловосодержащей сульфосоли. Другая разновидность представлена тончайшими прожилочками секущего характера, приуроченными к скоплениям биндгеймита.

Золото представлено тончайшими жилочками и просечками в биндгеймите. Цвет его золотисто-желтый. Жилочки видимо ранее просекали сульфосоли, замещенные позднее биндгеймитом. Мощность прожилков от тысячных до сотых долей мм.

Вторичные минералы на рудопроявлении представлены биндгеймитом и валентинитом.

Биндгеймит (наиболее распространенный вторичный минерал) образует псевдоморфозы по игольчатым кристаллам и неправильным выделениям сульфосолей, а также прожилки и гнездообразные скопления. Окраска различная от светло-желтой до серовато-черной.

Валентинит образует тонкослоистые скопления, призматические и таблитчатые кристаллы. Развивается по сульфосолям сложного состава и биндгеймиту.

Вторичные минералы изобилуют мельчайшими (менее тысячных долей мм) реликтами рудных минералов, в основном галенита, реже борнита, халькозина, сфалерита, сульфосолей сложного состава. Так, помимо основных компонентов (сурьма – 20%, свинец – 70%, кальций – 10%) в биндгеймите черно-серого цвета установлены локально – лазерным спектральным анализом цинк – 0,6%, серебро – 0,3%, медь – 0,3%, а в валентините (основной компонент сурьма – около 30%) установлены: свинец – 10%, серебро – 0,1%, медь – 0,05%, цинк – 0,006%.

Иногда серо – бурые сростки биндгеймита с валентинитом содержат включения тонкозернистого касситерита.

Минеральный комплекс, включающий сульфосоли сложного состава, содержащие в различных сочетаниях Pb, Sn, Sb, Cu и в меньшей степени Zn; цинксодержащий тетраэдрит; акантит; самородное серебро и самородное золото, определяет для аподоломитового золотого оруденения набор типоморфных элементов геохимического поля.

Основными аномалеобразующими элементами являются Au и Ag, второстепенными Pb, Sb и Cu. Zn образует локальные слабо контрастные ореолы.

Особенности золотого оруденения кавсагарского подтипа определяются: а) приуроченностью минерализованных зон к магнезиальным секциям карбонатного разреза; б) широким проявлением деформации и формированием кальцитовых метасоматитов с халцедоноидным кварцем; в) сульфосольной индикаторной минерализацией, сопутствующей накоплению самородного золота; г) типоморфным геохимическим комплексом, включающим Au, Cu, Sb, Ag и Zn,

Охарактеризованное золотое оруденение в карбонатных породах Чакылкалянского мегаблока является телетермальным и пространственно разобщено с коллизионными гранитоидами и дайковыми полями лампрофиров и щелочных базальтоидов, широко распространенными в этой части Зарафшано-Алайской структурно-формационной зоны.

Оруденению сопутствуют низкотемпературные метасоматиты, основу которых формирует кальцит с температурами образования 142-113°C, сопровождаемый гидрослюдами и каолинитом, либо халцедоноидным кварцем.

Минеральные парагенезисы включают самородное золото, ассоциирующееся с гематитом, апатитом и киноварью для оруденения в известняках и с сульфосолями, самородным Ag, акантитом и тетраэдритом для оруденения в доломитах.

Основу типоморфного геохимического комплекса апокарбонатного золотого оруденения составляют Au, Cu, Ag и Zn, к которым для различных подтипов присоединяются либо P и Hg, либо Pb и Sb.

#### Библиографический список:

1. Постановление президента РУз. О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли. Ташкент, 17 января 2019 г., № ПП-4124.
2. Верхозин С.С. Золотодобывающая промышленность Узбекистана. [Электронный ресурс]. URL: <https://zolotodb.ru/article/12094>.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №3 (82) pp. 27-31

#### MINERAL-GEOCHEMICAL PROPERTIES OF TELEATHERMAL GOLD MINING IN CHAKILKALYAN MEGABLOCK TELEATHERMAL CARBONATE ROCKS (SOUTH UZBEKISTAN)

<sup>1</sup>Yarboboev T.N., Associate Professor of "Geology and Exploration of Mineral Deposits"

<sup>1</sup>Ochilov I.S., Senior Lecturer, Department of Geology and Exploration of Mineral Resources

<sup>1</sup>Sultanov Sh. A., Senior Lecturer, Department of Geology and Exploration of Mineral Resources

<sup>2</sup>Khushvakov B.A., Leading geologist of SUE of Hisorgeology

<sup>1</sup>Karshi Engineering and Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

<sup>2</sup>State Unitary Enterprise "Hissargeology", Shakhrisabz, Uzbekistan

#### Abstract

The mineralogical and geochemical features of teleathermal gold mineralization in carbonate rocks of the Chakilkalyan megablock are considered. The main features of the composition of ores and their mineralogical and geochemical types are described: gold-sulfide-quartz and gold-argillite types (for gold) and skarn-scheelite, apotuffite skarnoid and apogranite scheelite-bearing quartz-metasomatites (for tungsten). It is shown that the ores of the megablock under consideration are characterized by a different set and concentrations of related elements depending on the conditions of accumulation of ore-bearing carbonate strata.

**Keywords:** gold ore mineralization, carbonate deposits, mineralogical and geochemical types of ores, native gold, ore-bearing zone, secondary minerals, teleathermal, mineral paragenesis.

#### Reference

1. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan. On measures to further improve the activities of enterprises in the mining and metallurgical industry. Tashkent, January 17, 2019, No. -4124.
2. Verkhozin S.S. Gold mining industry of Uzbekistan. [Electronic resource]. URL: <https://zolotodb.ru/article/12094>.

## ИЗУЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМАНТАЙТАУ И РАЗРАБОТКА ЕГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ



**Рузиев Н.Б.,**  
зам. главного инженера  
по горным работам НГМК



**Садинов Ш.М.,**  
главный маркшейдер  
НГМК



**Мусаев Г.М.,**  
руководитель группы  
по внедрению новых технологий  
ИЦВНТ НГМК



**Ильясов Б.Т.**  
зав. лаб. устойчивости бортов  
карьеров Уральского филиала АО  
«ВНИМИ», к.т.н.

*Maqolada Amantaytau konlarini kompleks geomekanik tadqiq etishning amaliy tajribasi tasvirlangan. Bu ish mavjud ochiq chuquring yon bag'ridagi tosh sinishlarini o'rganish, quduqlarning ma'lumotlar bazasini yaratish va to'ldirish, qo'shimcha quduqlarni burg'ulash, namunalarni olish va jinslarning fizik-mexanik xususiyatlarini laboratoriya tadqiqotlaridan iborat edi. Laboratoriya sinovlari ma'lumotlari va sinish izlanishlarini fazoviy yo'naltirish amalga oshirildi.*

*Amalga oshirilgan ishlar asosida litologik, strukturaviy-geologik modellar va tog 'massasi modeli ishlab chiqilgan, massiv sinish orqali rayonlashtirildi.*

**Tayanch iboralar:** tog 'jinslarining sinishi, geomekanik model, geomekanik tasnif, strukturaviy va geologik rayonlashtirish, chuqur devorlari barqarorligi.

*В статье описан практический опыт проведения комплексного геомеханического изучения месторождения Амантайтау. Работы включали съёмку трещиноватости горных пород на откосах существующего карьера, создание и заполнение базы данных скважин, проведение дополнительного бурения скважин, отбор проб и проведение лабораторных исследований физико-механических свойств пород. Также была выполнена пространственная привязка данных лабораторных испытаний и изучения трещиноватости.*

*На основе проведенных работ разработаны литологическая, структурно-геологическая модели и модель породного массива, выполнено районирование массива по трещиноватости.*

**Ключевые слова:** трещиноватость горных пород, геомеханическая модель, геомеханическая классификация, структурно-геологическое районирование, устойчивость бортов карьера.

Месторождение золота Амантайтау располагается в Тамдынском районе Навоийской области Республики Узбекистан, в 30 км к юго-востоку от г. Зарафшана. Месторождение состоит из двух участков: Северный и Центральный Амантайтау. На месторождении в настоящее время ведутся вскрышные работы для добычи запасов месторождения открытым способом. Площадь рудного поля сложена дислоцированными метаморфизованными песчано-сланцево-алевролитовыми образованиями бесапанской свиты ордовик-силурского возраста.

Рудные тела месторождения локализируются в секущих разломах субмеридионального и северо-западного простирания, образующих единую Амантайтаускую рудную зону. Протяженность ее более 3 км, мощность 800-1000 м, падение к северо-востоку под углами 55-90°С. Рудные тела изменчивой мощности (1-30 м) и протяженности (150-170 м). Руды перекрыты на севере чехлом мезокайнозойских отложений мощностью 60-150 м, на юге выходят на поверхность. Руды месторождения представляют собой раздробленные, окварцованные, карбонатизированные и сульфидизированные песчаники и алевролиты [1].

Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания выполнены в рамках детальной разведки месторождения в 1990-1994 гг. [1, 2]. В 2019-2020 гг. по решению технического руководства НГМК проведено дополнительное геомеханическое изучение месторождения и разработана геомеханическая модель месторождения с целью выполнения качественного обоснования устойчивости бортов карьера на месторождении Амантайтау.

На откосах пяти небольших карьеров, отработанных в предыдущие годы на месторождении, специалистами Уральского филиала ВНИМИ выполнена съёмка трещиноватости горных пород. Количество точек производства замеров составило 22 шт.

Замеры пространственной ориентации трещин, плоскостей сланцеватости и отдельности производились с использованием двух приборов: традиционного горного компаса ГК-2 и электронного трещиномера на базе лазерного

дальномера Leica. Помимо величин, характеризующих пространственную ориентацию трещин, в полевой журнал заносились следующие дополнительные сведения, учитываемые впоследствии при разработке геомеханической модели:

- разновидность пород, слагающих откос в точке измерений;
- ширина раскрытия и характер стенок (шероховатость, следы скольжения и т.п.);
- отсутствие или наличие заполнителя, его вид и консистенция;
- обводнённость трещин;
- расстояние между трещинами одной системы (размер блоков).

В нескольких точках измерений было произведено опробование вскрытых в откосах горных пород для последующих лабораторных испытаний. Штуды скальных и глинистых пород отбирались непосредственно из откосов, при этом соблюдалась их пространственная ориентация по трещиноватости, что в дальнейшем позволило провести испытания по той плоскости образца, в которой он находился в естественном залегании. В общей сложности из откосов уступов на лабораторные испытания было отобрано 8 проб, состоящих из 25 образцов (либо пар образцов, как в случае с испытаниями на сдвиг по естественной трещине или контакту).

Основной формой представления результатов замеров стали круговые диаграммы трещиноватости, построение которых при занесении цифровой базы измерений в ГИС «ГЕОМИКС» происходит автоматически. На рис. 1 приведена для примера диаграмма трещиноватости, построенная по одной из точек съёмки.

В процессе сбора имеющихся материалов по геологическому строению месторождения и сведений, касающихся особенностей физико-механических свойств пород месторождения, выяснилось, что недостаточными изученными являются физико-механические параметры мезокайнозойских отложений, перекрывающих палеозойские рудовмещающие скальные породы. Учитывая, что в этих породах в обозримом будущем будут отстраиваться верхние уступы карьера Северного участка, установление их прочностных и иных физических и механических характеристик (а также их мощности и распространения в плане) совершенно необходимо.

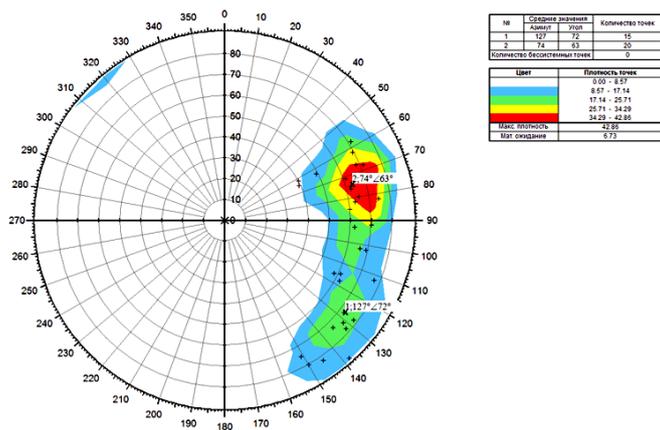


Рис.1. Диаграмма трещиноватости, построенная по одной из точек съёмки

Кроме того, практически неизученным оказался геологический разрез прибортовой полосы северного участка проектируемого карьера: все поисково-разведочные скважины, пройденные при детальной разведке месторождения [1, 2] были пробурены в центральной части проектируемого карьера.

По этой причине выполнено бурение 8 дополнительных геотехнических скважин глубиной до 140,0 м. Глубина скважин определялась достаточной глубиной вскрытия палеозойских скальных пород для отбора проб и установления параметров их трещиноватости (сланцеватости).

При описании керна в буровых журналах указывалось литологическое (петрографическое) наименование породы (грунта), измерялись и фиксировались углы наклона к оси скважин плоскостей естественных трещин и отдельных частей, измерялась средняя величина шероховатости поверхностей трещин, описывался характер заполнителя (при его наличии), определялась величина RQD. Для проведения лабораторных испытаний из пробуренных скважин было отобрано 46 проб, состоящих из 1-3 образцов (всего 69 образцов).

В лабораторных условиях проведены испытания по определению следующих физико-механических характеристик грунтов (горных пород): естественная влажность, плотность грунта, плотность сухого грунта, влажность на границе текучести, влажность на границе раскатывания, гранулометрический состав, коэффициент водонасыщения, число пластичности, сцепление и угол внутреннего трения грунтов, сцепление и угол внутреннего трения методом одноплоскостного среза в естественном и замоченном состояниях, предел прочности при сжатии, предел прочности при растяжении, предел прочности при срезе, угол естественного откоса.

Все точки съёмки трещиноватости и отбора проб внесены в геоинформационную модель месторождения в виде таблиц, содержащих изученные характеристики в привязке к пространственному положению.

Сведения о скважинах, пробуренных в рамках геомеханического доизучения месторождения, внесены в базу данных скважин, состоящую из таблиц с данными по интервалам скважин, инклинометрии и устьям скважин. Помимо вновь пробуренных скважин произведена оцифровка 550 буровых журналов и геологических колонок скважин, пробуренных в рамках детальной разведки месторождения [1, 2]. В таблицу интервалов помимо данных о породах внесены показатели трещиноватости: оценочная интенсивность трещиноватости, угол падения к оси скважины, доля осколочного материала в интервале, размер осколков, доля плашек в кернах, мощность плашек.

База данных скважин прошла процедуру верификации. Для верификации базы данных произведено сопоставление имеющихся данных между собой с целью исключения несоответствий.

На рис. 2 приведено графическое отображение базы данных скважин. Для построения литологической и структурно-геологической модели помимо создания базы данных осуществлена пространственная привязка геологических разрезов и планов. Это было необходимо, поскольку большой объём геологической информации при детальной разведке получен посредством проходки разведочных выработок подземного рудника. Перед привязкой растровых файлов были предварительно устранены деформации бумажного носителя.

Построение литологической каркасной модели произведено вручную с привязкой границ каркасов к границам интервалов в стволах скважин.

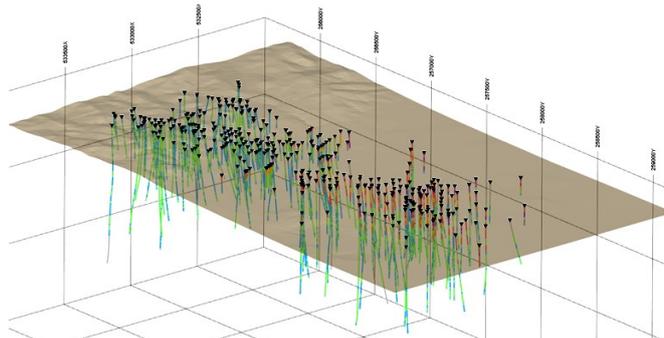


Рис.2. Трассировка скважин с окраской по породам

В процессе доизучения геологических особенностей месторождения специалистами УФ ВНИМИ выделены комплексы глин различного генезиса. Значимое различие физико-механических свойств глин подтверждено в дальнейшем лабораторными испытаниями. При документировании скважин в ходе детальной разведки [1, 2] различные виды глин не выделялись. В связи с этим разделение глин в литологической модели в отдалении от вновь пробуренных скважин выполнено по выявленному закономерностям морфологии.

На рис.3 представлена разработанная литологическая каркасная модель месторождения.

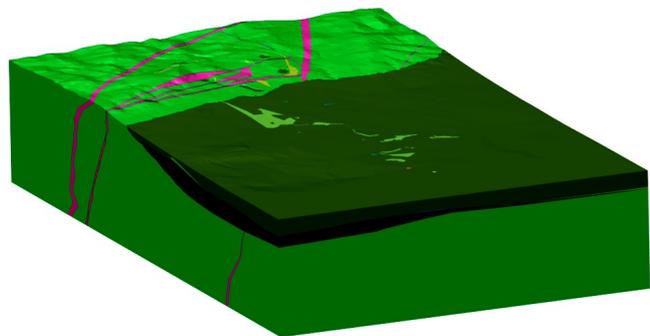


Рис.3. Блочная модель месторождения, окрашенная по породам

В структурно-геологической модели месторождения отстроены главные структурные элементы – многочисленные разломы, разбивающие скальный массив месторождения на отдельные блоки. При построении структурно-геологической модели были использованы графические материалы к отчету о детальной разведке [1] и данные о бурении в ноябре 2019 г. и прошлых лет. При построении структурных элементов учтены также описания пород по скважинам, спутниковые снимки и рельеф местности. Положение разломов уточнялось по базе данных скважин по доле обломочного материала в кернах и по резкому изменению угла падения сланцеватости (плашек) к оси керна. На рис. 4 приведена результирующая структурно-геологическая модель месторождения.

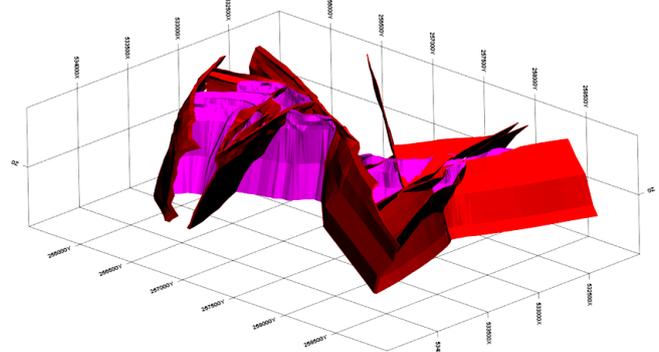


Рис.4. Структурно-геологическая модель месторождения

Кроме показателей трещиноватости, полученных в ходе съёмки трещиноватости, в геоинформационную модель занесены из буровых журналов сведения о соотношении и размерах обломочного материала и плашек по интервалам скважин, на основе которых выполнен расчёт величины RQD.

Объём имеющихся данных по RQD позволил выполнить анализ изменения данного показателя в массиве по 3 направлениям: среднее значение RQD по породам, изменение с глубиной, изменение в приразломных зонах. Анализ показал:

- среднее значение RQD в разломах, ненарушенной (условно) породе и катаклазитах, соответственно, составило 1,48, 7,42, 16,27;
- зависимость RQD от глубины отсутствует;
- на расстоянии 20 м и 50 м от разлома не отмечается уменьшения величины RQD.

Далее выполнен расчёт рейтинговых показателей массива в блочной модели.

Рейтинг RMR не применим для «плохих» и «очень плохих» пород с величиной RMR<30 и RQD близким к нулю [3]. Широко известно соотношение рейтингов GSI = RMR-5, которое используется для расчёта GSI, однако считается, что оно также неприменимо при величинах RMR менее 30 [4]. В связи с этим в модели рассчитывается только индекс GSI.

Индекс GSI рассчитан тремя различными способами.

Во-первых GSI вычислен двумя наиболее актуальными на сегодняшний день способами, рекомендуемыми Эвертом Хуком[5]:

$$GSI = 1.5 J_{Cond_{89}} + RQD/2, \quad (1)$$

где:  $J_{Cond_{89}}$  – это рейтинг состояния трещин (Joint Condition rating) в формулировке З.Т.Бенявски 1989 г. [6];

$$GSI = \frac{52J_r/J_a}{1+J_r/J_a} + RQD/2, \quad (2)$$

где:  $J_r$  и  $J_a$  – это, соответственно, показатель шероховатости трещин и показатель измененности трещин по Бартону [7].

Определенные различными способами величины GSI (назвали их GSI1, GSI2, GSI3) для пород месторождения приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

**Рейтинги GSI пород месторождения Амантайтау**

| Породы              | GSI1 | GSI2 | GSI3 |
|---------------------|------|------|------|
| Ненарушенный массив | 23   | 21   | 32   |
| Разломы             | 16   | 11   | 20   |
| Катаклазиты         | 23   | 18   | 25   |

Из табл. 1 можно увидеть, что определенные различными способами значения геологического индекса прочности GSI дают схожие, но не идентичные результаты. Данные значения занесены по породам в блочную модель месторождения.

Для учёта пространственных закономерностей трещин в геомеханической модели в международной практике [8] принято выделять структурные домены. Границами структурных доменов чаще всего являются тектонические нарушения, разломы и контакты различных типов пород.

Как уже было отмечено ранее, палеозойские породы месторождения Амантайтау в силу своего происхождения являются сланцеватыми, то есть абсолютно преобладает одна система трещиноватости, параметры пространственного расположения которой, однако, достаточно сильно варьируются в массиве.

Дополнительные измерения азимута и угла падения трещин получены в точках сильного сближения стволов отдельных пар скважин. Учитывая, что падение сланцеватости, в основном, восточное, угол и азимут падения в таких точках рассчитываются однозначно, если известны углы падения сланцеватости относительно оси скважины в интервалах обоих скважин. Определение истинных значений азимуты и углов падения таким способом произведено графически.

Все собранные в базе данных и привязанные в пространстве измерения углов и азимуты падения использованы для присвоения значений в блочную модель с применением геостатистики. Значения в блоках вычислены с использованием метода наименьших квадратов. При присвоении значений в структурном домене использованы только значения, измеренные внутри домена. Такой подход выбран вместо нахождения средних значений в доменах в связи с тем, что пространственные параметры сланцеватости могут достаточно сильно изменяться внутри домена. Аналогичным образом сланцеватость отображается и в геологических планах горизонтов 20±380 м в отчёте о детальной разведке месторождения [1].

На рис. 5 представлен в качестве примера план средней части карьера в проектном контуре с отображением соответствующих данному контуру показателей трещиноватости. План построен на базе блочной модели, содержащей азимуты и углы падения трещин.

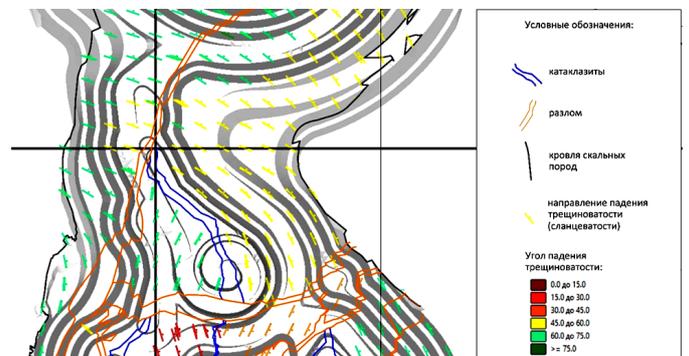


Рис.5. Пример районирования карьера по трещиноватости в проектном контуре

Комплексное изучение геомеханических условий месторождения Амантайтау позволило подробно отразить в геомеханической модели особенности месторождения и произвести детальное районирование пород месторождения по пространственным характеристикам трещиноватости. Благодаря этому достаточно точно для раннего этапа проектирования карьера могут быть выделены структурные домены, сектора проектирования и предложена оптимальная конфигурация бортов карьера.

Разработка геомеханической модели позволяет собрать и обработать большой объём данных, упрощая тем самым решение комплексных, многофакторных задач, коими являются задачи устойчивости. Наличие геомеханической модели упрощает верификацию результатов, уменьшает вероятность ошибок и позволяет работать в одном ключе множеству исполнителей. При получении новых сведений о месторождении в процессе его разработки развитие изученности месторождения отражается и в геомеханической модели.

### Библиографический список:

1. «Сводный подсчёт запасов по золоторудному месторождению Амантайтау. Детальная разведка месторождения». ГПГ «Самаркандгеология». Дауызтауская ГРЭ, Амантайтауская ГРП. 1994 г.
2. А.А. Пулатов, М.М. Мираслянов. «Результаты гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, проведённых на месторождении Амантайтау за 1990-1994 г.г.». Глава к Отчёту Амантайтауской ГРП Дауызтауской ГРЭ за 1990-1994 г. «Узбекидроггеология», Западно-Узбекистанская гидрогеологическая экспедиция. Ташкент, 1994 г.
3. Marinos, P. & Hoek, E. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation // Proceedings of GeoEng2000 International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne. Lancaster: Technomic Publishers, 2000. pp. 1422-1446.
4. V. Marinos, P. Marinos, E. Hoek. The geological strength index: applications and limitations // Bull Eng Geol Environ №64. 2005. 55–65 pp. DOI 10.1007/s10064-004-0270-5.
5. Hoek, E., Carter, T.G., Diederichs, M.S. Quantification of the Geological Strength Index Chart // 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium held in San Francisco, CA, USA, 23-26 June 2013.
6. Bieniawski, Z.T. Engineering rock mass classification. New York: Wiley Interscience, 1989. 249 p.
7. Barton, N.R., Lien, R. and Lunde, J. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support // Rock Mech. 6(4). 1974. pp. 189-239.
8. Руководство по проектированию бортов карьера. Guidelines for open pit slope design : научное издание / под ред.: Д. Рид, П. Стейси ; пер. с англ. А. С. Бентхен ; науч. ред. пер. А. Б. Макаров. Екатеринбург: Правовед, 2015. 528 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ КАНАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ НА ПРИМЕРЕ КОКПАТАС-ОКЖЕТПЕССКОГО ТРЕНДА (ГОРЫ БУКАНТАУ)



**Гоипов А.Б.**,  
ведущий геолог ГП «ИМР»,  
доктор (PhD)



**Турапов М.К.**,  
зав. сектором ГП «ИМР», старший  
научный сотрудник, академик  
РАЕН, д. г.-м. н.



**Ахмадов Ш.И.**,  
зав. центром ДЗЗ и  
ГИС-технологий ГП «ИМР»



**Хасанов Н.Р.**,  
докторант факультета  
Геологии и геоинформационных  
систем НУУз, им. Мирзо Улугбека

*Maqolada ASTER suniy yo'ldoshining kosmik suratlarini kanallar munosabatini qo'llash bilan Yerni masofadan zondlash materiallarini qayta ishlash natijalari keltirilgan. Bukantau-Kokpatas-Okjetpes trendi hududi bo'yicha mineral o'zgarishlar: kaolinit, temir va kvars indekslari xaritalangan. Metasomatik mineral o'zgarishlar bilan ma'dan minerallashuv zonalari, ma'dan namoyondalari va konlarning yer yoriqlari zonasi bilan o'zaro aloqadorligi aniqlangan, qaysiki metasomatik mineral o'zgarishlarni nazoratlaydi. Ma'danlashuvning strukturaviy, magmatik va litologik omillari asoslangan.*

**Tayanch iboralar:** ASTER, Bukantau-Kokpatas-Okjetpes trendi, oltin konlari, minerallashuv zonalari, ma'dan nazoratlovchi omillar, litologiya, kaolinit indeksi, temir indeksi, kvars indeksi, sulfidlar, karbonatlar.

*В данной статье приведены результаты обработки материалов дистанционного зондирования Земли с применением соотношения каналов космических снимков, полученных со спутника ASTER. По территории Букантау-Кокпатас-Окжетпесского тренда картографированы минеральные изменения: индексы железа, каолинита и кварца. Установлена взаимосвязь минеральных метасоматических изменений с зонами рудной минерализации, рудопроявлениями и месторождениями, а также с зонами разломов, которые контролируют метасоматические минеральные изменения. Обоснованы структурные, магматические и литологические факторы оруденения.*

**Ключевые слова:** ASTER, Букантау-Кокпатас-Окжетпесский тренд, золоторудные месторождения, минерализованная зона, факторы, контроль оруденения, литология, индекс каолинита, индекс железа, кварц, сульфиды, карбонаты.

В последнее время мировой опыт зарубежных стран с развитыми космическими технологиями показал, что результаты дистанционных методов в геологии являются наиболее достоверными и экономически эффективными. При выполнении работ по ДЗЗ особую роль играют автоматизированные методы обработки космических снимков (КС) разного мультиспектрального диапазона. В отличие от мультиспектральных сенсоров, установленных в средствах ДЗЗ, глаза человека не способны увидеть все излучения электромагнитных диапазонов спектров природы.

Объектом исследований является территория Кокпатас-Окжетпесского тренда с месторождениями и рудопроявлениями золота.

По пространственному размещению, по отношению к тектоническим структурам, генетическим особенностям и закономерностям формирования и размещения они разделены на Бозтауское, Кокпатасское и Окжетпесское рудные поля, представляющие собой антиформы, прослеживающиеся цепочкой в центральной части гор Букантау. По И.Х.Хамрабаеву, Х.Р.Рахматуллаеву, М.М.Мансурову, В.А.Королеву, Ю.И.Парамонову, Р.Х.Миркамалову, Ю.С.Савчуку и др. герцинские надвиговые структуры контролируют золото-сульфидную вкрапленную и золото-сульфидно-кварцевую прожилково-жильную минерализацию многих месторождений. Зона главного наволока проявлена в геотектонических окнах Кокпатас, Бозтау и Окжетпес между Мурунским и Букантауским блоками.

Наличие золотого оруденения в пределах Кокпатасского рудного поля было впервые установлено Ю.В.Финкельштейном в 1960 г. Х.Р.Рахматуллаев в том же году обнаружил здесь самородное золото. В 1963 г. Л.З.Палеем было доказано промышленное значение золотого оруденения, и значительная площадь на границе известняков и перекрывающих сланцев была оценена как перспективная на золото [1].

На Кокпатасском золоторудном поле разведен 21 участок с 79 промышленными рудными залежами, по которым утверждены запасы золота. По существу, каждый участок является самостоятельным ме-

сторождением. Относятся они к золото-сульфидной рудной формации (Т.В.Носенко, 2003).

Окжетпесское рудное поле приурочено к юго-восточному погружению Букантауского антиклинория и контролируется разломами глубинного заложения северо-западного направления [1]. Сереброрудное месторождение Окжетпес размещается вблизи тектонического контакта карбонатных и терригенных пород среднего карбона комплекса Мурун [2].

Месторождение выявлено в 1974 г. А.С.Аристовым и В.И.Зоновым в результате проведения общих поисков в пределах возвышенности Окжетпес. С 1974 по 1978 гг. в пределах Окжетпесского рудного поля проводились поисковые и поисково-оценочные работы [1].

Серебряная минерализация представляет собой систему кулисообразно расположенных кварцевых жил и участков прожилкового окварцевания в северо-восточном разломе, на контакте карбонатной и терригенной толщ. Рудный кварц кристаллический. Из рудных минералов преобладает пирит (90%), скопления которого местами достигают 25-30% от массы пород [1, 2].

**Методика работ.** Для дистанционного определения минеральных образований в рельефе, из широкого спектра электромагнитного диапазона, как правило используется длина волны 0,4-2,5 мкм. Особенно важным является ближний инфракрасный диапазон (SWIR) в интервале 2,0-2,5 мкм. Именно в данном интервале регистрируются основные спектры гидроксидов, сульфатов, карбонатов, которые характерны для различных типов горных пород и вторичных гидротермальных изменений. В термальных и других инфракрасных каналах в различных интервалах спектра регистрируются зоны окварцевания, сульфидизации, аргиллизации, пропилитизации и др. Учитывая то, что золоторудные месторождения Центрально-Кызылкумского региона гидротермального генезиса, применение дистанционных методов становится целесообразным.

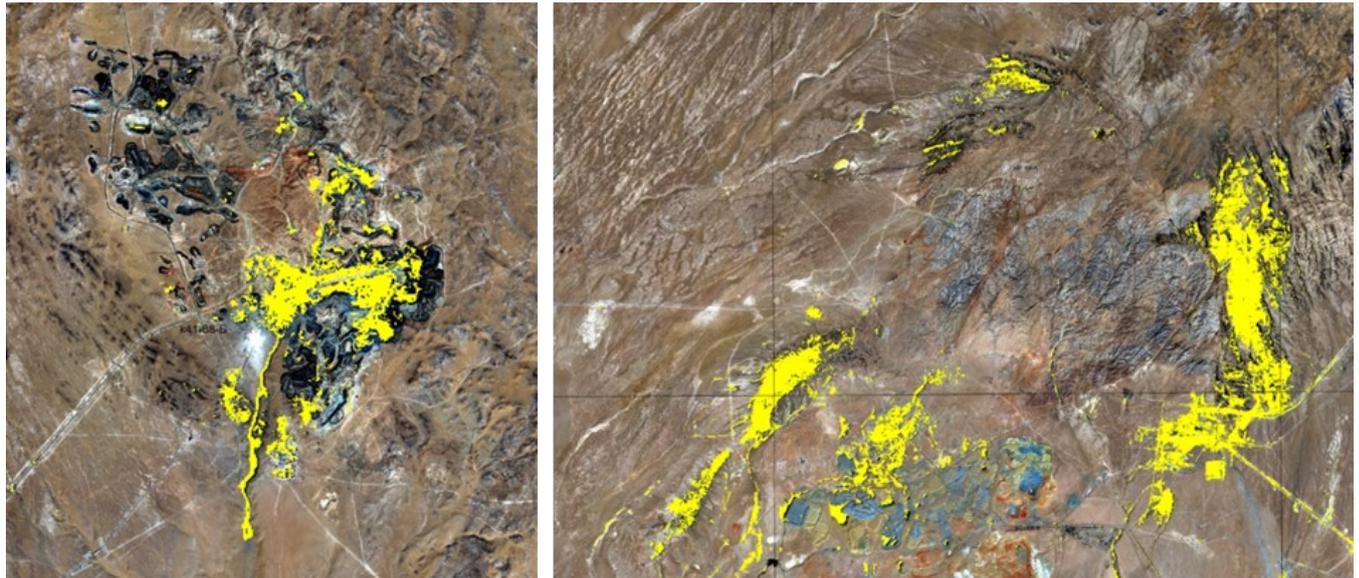


Рис. 1. Проявление индекса железа (желтый свет). А – контур карьера Кокпатас; Б – юго-западный фланг Алтынтауского интрузива

ASTER является первым мультиспектральным космическим сенсором, который позволяет различать и идентифицировать минералы гидротермальных изменений в коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR) электромагнитного спектра [3] для литологического картирования, обнаружения изменений минералов, связанных с золотом [4] и картирования минеральных зон гидротермального изменения [5].

Как известно, месторождение Кокпатас относится к золото-арсенипирит-пиритовому (сульфидному, мышьяковому) минеральному типу [1] и для картирования минеральных изменений здесь применены соотношения каналов КС. Ниже приведены алгоритмы, разработанные зарубежными исследователями Rowan et al. [6], Yamaguchi and Naito [7], Mars and Rowan [8] – определение индекса минерала по соотношениям каналов космических снимков ASTER.

Применение метода соотношения каналов космических снимков ASTER, при изучении Кокпатасского рудного поля, позволило получить новые данные о сульфидах и карбонатах, замещенных гидроокислами железа и частично выщелоченных [1]. Полученные данные, с применением этого метода для территорий Кокпатасского рудного поля и Алтынтауского поля, позволяют рекомендовать их для картирования индекса железа по всей территории гор Букантау (рис. 1).

Исследователями установлено, что по территории Кокпатасского рудного поля в плотных и рыхлых гидрослюдах железа отмечается появление самородного золота пленочной или каплевидной формы размером около 0,2 мм, что свидетельствует об укрупнении золота в зоне окисления [1]. Содержание гидроокислов железа достигает 5,2%. Представлены они гётитом, гидрогётитом, ярозитом, скородитом, питтитомом, псиломеланом.

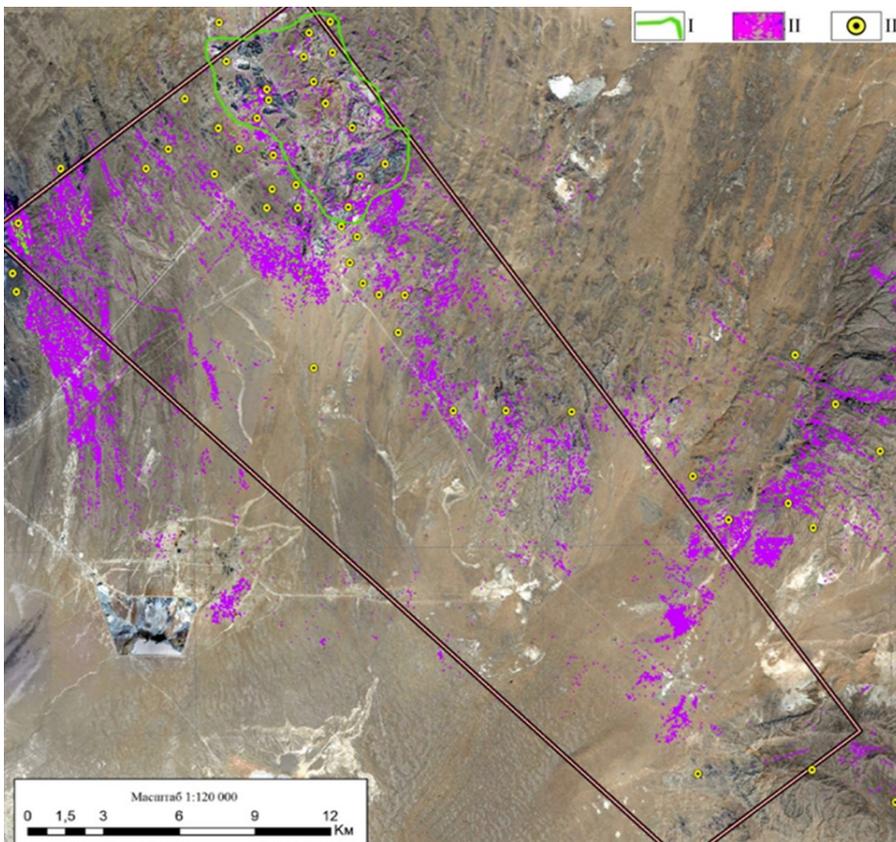


Рис. 2. Результаты обработки космических снимков ASTER по территории Букантау-Кокпатас-Окжетпесского тренда. I – граница месторождения Кокпатас; II – зона распределения минералов каолинита; III – месторождения и рудопроявления

Для зоны окисления гидрослюда очень характерен каолинит. Исходя из этого, проведено автоматизированное дешифрирование по соотношению каналов КС на индекс каолинита (рис. 2).

Для обработки материалов дистанционного зондирования земли привлечены геолого-геофизические данные и основные факторы локализации золоторудных проявлений.

По геофизическим данным, зоны повышенной проницаемости в Восточном Букантау играют рудоконтролирующую роль.

Все месторождения и проявления золота Букантау размещаются в пределах протяженных внутриблоковых зон смятия и дробления, обычно субсогласных с вмещающими толщами. Эти зоны, таким образом, играют рудоконтролирующую роль и могут быть сопоставимы по типизации В.А. Корлева и П.А. Шехтмана (1965 г.) с рудовмещающими разломами. Кроме смятия и дробления, для зон характерны также мелкие штоки и дайки формации малых тел пестрого состава, часто образующие пояса и пучки, иногда отмечается повышенное количество кварцевых жил и прожилков [9].

По мнению Л.И. Дементеев одной из основных структур юга Букантау является зона Кокпатасского разлома шириной около 10-13 км, включающая в себя горы Окжетпес, Кокпатас и Бозтау. Кокпатасский разлом протягивается вдоль юго-западного крыла Джелсай-Окжетпесской антиклинали и по простиранию образует флексуриобразные изгибы. Несколько мелких разломов этого направле-

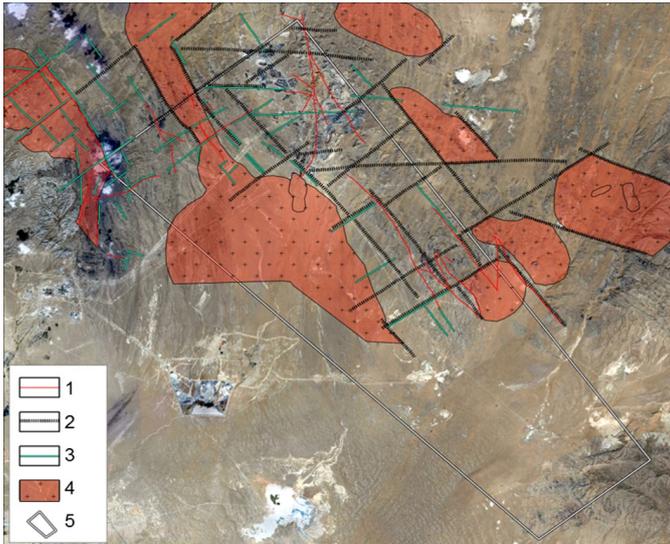


Рис. 3. Глубинная тектоника и магматизм Кокчетавского рудного района по гравиразведочным и магниторазведочным данным (составил А.Б.Гоипов, с использованием материалов Н.И.Оранского [9]). Тектонические нарушения, установленные по: 1 – геологическим данным, 2 – данным гравиразведки, 3 – данным магниторазведки; 4 – граниты и гранодиориты; 5 – контур площади работ Кокчетав-Окжеттеского тренда

ния установлено по результатам геофизических работ. Они протягиваются субпараллельно контактовой линии интрузива и почти параллельны друг другу. Их протяженность достигает до 3-5 км, мощность – до 8-10 м, и сопровождаются они зонами интенсивной трещиноватости, сформировавшимися при остывании интрузивного тела (рис. 3).

В Кокчетавском рудном поле установлено широкое распространение даек диоритов и лампрофиров. Участки их максимального проявления располагаются за пределами Кокчетавского интрузива. Как отмечает Т.В. Носенко, в самом теле интрузива такие дайки встречаются редко, в то время как в других интрузивных массивах, которые сопровождаются собственной дайковой серией, наибольшее их присутствие наблюдается именно в пределах самих массивов.

Дайки слагают Кокчетавский дайковый пояс, вытянутый в субширотном направлении почти на 60 км при средней ширине 10-15 км (Юдалевич, 1983). Наибольшей насыщенностью дайками отличается район Кокчетавского рудного поля, где отдельные дайки имеют мощность 0,4-5 м и протяженность от нескольких десятков до первых сотен метров.

Пространственно и во времени золотая минерализация близка к формированию описанного дайкового комплекса.

Анализ геолого-геофизических материалов в комплексе с данными по дешифрированию космоснимков позволил установить глубинно-тектоническое строение и размещение интрузивных образований Кокчетавского рудного поля (рис. 3). По этим данным площадь рудного поля расположена в межинтрузивном пространстве и предполагается, что это зона с отрицательной формой поверхности интрузива.

По данным В.С. Корсакова и др. (1997) Кокчетавское рудное поле приурочено к отложениям кырккудукской и кокчетавской свит, надвинутых на карбонатное ядро Кокчетавской антиформы. Метавулканогенно-карбонатно-кремнисто-терригенные отложения обеих свит прованы большим количеством даек диоритового состава и нарушены многочисленными разломами.

По мнению Х.Р. Рахматуллаева, В.С. Корсакова, Т.М. Хона, А.Д. Швецова, Ю.С. Савчука, Ю.И. Парамонова [11], Н.Ю. Дулабовой и др. главным является структурный фактор контроля золотого оруденения Кокчетавского рудного поля, где Кокчетавский глубинный разлом играет рудовыводящие и рудораспределяющие роли.

Породы в зоне разлома брекчированы, раздроблены, пронизаны кварцевыми прожилками и минерализованы сульфидами.

Рудные залежи имеют пластообразную, линзовидную и неправильную формы. Пластообразную форму имеет большинство рудных тел, приуроченных к взбросам и надвигам. Нередко они пологопадающие.

По степени благоприятности рудолокализации для объектов каждой золоторудной формации устанавливается литологический фактор оруденения.

Л.И. Деметеев при изучении золоторудных месторождений региона в 2005-2007 гг. отметил, что для проявлений золото-сульфидной минерализации благоприятны, прежде всего, песчаники и алевролиты флишовой и олистостромовой формаций (Кокчетавский тип), а также порфир-порфириновые дайки формаций малых тел пестрого состава.

Наряду со структурными, литологическими и магматическими факторами контроля золоторудной минерализации важное значение при изучении закономерностей формирования и размещения оруденения, их прогнозирование и поиск имеют результаты дешифрирования космоснимков нового поколения.

Выявленные при дешифрировании космоструктуры (кольцевые и линейные) минеральные индексы (ореолы) позволили уточнить:

- геолого-структурные позиции проявлений золота Кокчетавского рудного поля;
- взаимосвязь оруденения с разрывными структурами;
- взаимоотношения и пространственное размещение золотого оруденения с магматическими образованиями.

По результатам обработки материалов ДЗЗ и соотношения каналов космических снимков ASTER картографированы зоны распределения индекса минералов Кокчетав-Окжеттеского тренда. Основные картируемые зоны распространения минералов каолинита, индексов кварца и железа наблюдаются вблизи рудных месторождений и проявлений.

В результате комплексного анализа геолого-геофизической информации и сопоставления обработки материалов ДЗЗ выявлено два прогнозных участка вдоль западного погружения Кокчетавского глубинного разлома.

Составленные космоструктурные карты, отражающие поисковые признаки золоторудных месторождений, локализованных в пределах выделенных автоматизированным дешифрированием минерализованных зон, литологических образований и зон вторичных изменений могут послужить основой для прогнозно-поисковых работ в пределах Кокчетав-Окжеттеского тренда.

#### Библиографический список:

1. Рудные месторождения Узбекистана / Под ред. И.М. Голованова. - Т.: ГИДРОИНГЕО, 2001. - 660 с.
2. Миркамалов Р.Х., Голованов И.М. и др. Атлас моделей рудных месторождений Узбекистана. - Т.: ГП «НИИМП», 2010. - 100 с.
3. Crosta A.P., Filho C.R.S., Azevedo F., Brodie C. Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis // Int. J. Remote. Sens. - 2003. - № 24. - pp. 4233-4240.
4. Pour A.B., Hashim M. The application of ASTER remote sensing data to porphyry copper and epithermal gold deposits // Ore Geology Reviews. - 2012. - № 44. - pp. 1-9.
5. Zhang X., Pazner M., Duke N. Lithologic and mineral information extraction for gold exploration using ASTER data in the south Chocolate Mountains (California) // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. - 2007. - Vol. 62 (4). - pp. 271-282.
6. Rowan L.C., Hook S.J., Abrams M.J., Mars J.C. Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), a new satellite-imaging system // Econ. Geol. - 2003. - Vol. 98 (5). - pp. 1019-1027.
7. Yamaguchi Y., Naito C. Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands // Int. J. Remote. Sens. - 2003. - Vol. 24 (22). - pp. 4311-4323.
8. Mars J.C., Rowan L.C. Regional mapping of phyllic- and argillic-altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data and logical operator algorithms // Geosphere. - 2006. - № 2. - pp. 161-186.
9. Тангиров А.И., Урунов Б.Н., Каршиев А.Б. Типы месторождений и особенности проявления золотого оруденения в горах Букантау // Горный Вестник Узбекистана. - 2015. - № 1. - С. 52-59.
10. Оранский Н.И. Положение Бозтау-Окжеттеского грабена в региональных структурах Кызылкумов // Узб. геол. журн. - 1984. - № 4. - С. 73-75.

**APPLICATION OF RATIO BANDS OF SPACE IMAGES FOR MAPPING MINERALS ON THE EXAMPLE OF KOKPATAS-OKZHETPES TREND (MOUNTAIN BUKANTAU)**

<sup>1</sup>**Goipov A.B.**, Leading geologist of the Center for Remote Sensing and GIS-Technologies of the State Enterprise, Doctor of Philosophy (PhD) in geological and mineralogical sciences, goipov9700@mail.ru

<sup>1</sup>**Turapov M.K.**, Head of the Tectonophysical Research Sector, State Enterprise, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences.

<sup>1</sup>**Akhmadov Sh.I.**, Head of the Center for Remote Sensing and GIS-Technologies of the State Enterprise, shokirbekaxmadov@gmail.com

<sup>2</sup>**Khasanov N.R.**, PhD student of the faculty Geology and geoinformation systems, numon.raxmatovich@mail.ru

<sup>1</sup>Institute of Mineral Resources, Tashkent, Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:**

This article presents the results of processing Earth remote sensing materials using the ASTER satellite image ratio bands. On the territory of Bukantau-Kokpatas-Okzhetpes trend, mineral changes are mapped: iron, kaolinite and quartz indices. The relationship of mineral metasomatic changes with zones of ore mineralization, ore occurrences and deposits and fault zones that control metasomatic mineral changes is established. The structural, magmatic and lithological factors of mineralization are substantiated.

**Keywords:** ASTER, Bukantau-Kokpatas-Okzhetpes trend, gold deposits, mineralized zone, Ore Controlling Factors, lithology, kaolinite index, iron index, quartz, sulfides, carbonates.

**References**

- Ore deposits of Uzbekistan / Ed. I.M.Golovanov. - T.: HYDROINGEO, 2001. -- 660 p.
- Mirkamalov R.Kh., Golovanov I.M. and others. Atlas of models of ore deposits in Uzbekistan - T.: SEIMR", 2010. - 100 p.
- Crosta, A.P., Filho, C.R.S., Azevedo, F., Brodie, C., 2003. Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis. *Int. J. Remote. Sens.* 24, pp. 4233-4240.
- Pour, A.B., Hashim, M. (2012): The application of ASTER remote sensing data to porphyry copper and epithermal gold deposits. *Ore Geology Reviews* 44. pp. 1-9.
- Zhang X., Pazner M., Duke N. Lithologic and mineral information extraction for gold exploration using ASTER data in the south Chocolate Mountains (California) // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2007. Vol. 62. 4. pp. 271-282.
- Rowan, L.C., Hook, S.J., Abrams, M.J., Mars, J.C., 2003. Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), a new satellite-imaging system. *Econ. Geol.* 98 (5), pp. 1019-1027.
- Yamaguchi, Y., Naito, C., 2003. Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands. *Int. J. Remote. Sens.* 24 (22), pp. 4311-4323.
- Mars, J.C., Rowan, L.C., 2006. Regional mapping of phyllic- and argillic-altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data and logical operator algorithms. *Geosphere* 2, pp. 161-186.
- Tangirov A.I., Urunov B.N., Karshiev A.B. Types of deposits and features of the manifestation of gold mineralization in the Bukantau mountains. "Mountain Herald of Uzbekistan", No. 1, 2015. pp. 52-59.
- Oransky N.I. The position of the Boztau-Okzhetpes graben in the regional structures of Kyzylkum // *Uzbek. geol. journal* 1984. No. 4. pp 73-75.

## СТАНОК ТОКАРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

**HT-250-01**  
**HT-250 M**



Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
"Навоийский машиностроительный завод"  
www.ngmk.uz

Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: infonmz@ngmk.uz



# ПАРАМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ МИНЕРАЛОВ ПИРРОТИНА, НИКЕЛИНА И ПЕНТЛАНДИТА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Tarkibida minerallar (pirotit, nikel va pentlandit) bo'lgan tog 'jinslarining magnitga sezgirligi haroratga bog'liqligi Faraday usuli bilan  $\chi(T)$  yuqori haroratli (250–900°C) haroratda birinchi marta o'chandi. Barcha o'rganilgan minerallar uchun  $\chi(T)$  aloqasi Kury-Vayssning chiziqi qonunlariga mos kelishi aniqlandi.  $\chi^{-1}(T)$  eksperimental bog'lanishidan olingan namunalarning asosiy magnit xarakteristikalarini paramagnit Kyurining  $\theta_p$  harorati, Kuri-Vayss doimiy  $S$  va minerallarning kimyoviy formulasi birligiga to'g'ri keladigan magnit moment (mkfor) edi.*

**Tayanch iboralar:** tog 'jinslari, minerallar, magnitga sezgirlik, magnit moment, paramagnit Kuri harorati, Kuri-Vayss doimiyliigi.

*Впервые методом Фарадея в интервале температур 250-900°C измерена температурная зависимость магнитной восприимчивости  $\chi(T)$  горных минералов пирротина, никелина и пентландита. Установлено, что зависимости  $\chi^{-1}(T)$  подчиняются линейному закону Кюри-Вейсса. Путём обработки экспериментальных зависимостей  $\chi^{-1}(T)$  изученных минералов определены их основные магнитные характеристики - парамагнитная температура Кюри  $\theta_p$ , постоянная Кюри-Вейсса ( $S$ ), магнитный момент приходящееся на химическую формулу минерала ( $\mu_{\text{фор}}$ ) и эффективный магнитный момент, приходящееся на магнитоактивный атом (Ni, Fe) ( $\mu_{\text{эфф}}$ ) минералов.*

**Ключевые слова:** метод Фарадея, температурные зависимости, магнитная восприимчивость, закон Кюри-Вейсса, температура Кюри, постоянная Кюри-Вейсса, магнитный момент.

**Усаров У.Т.,**  
профессор кафедры  
«Естественных наук»,  
СамГАСИ им. М. Улугбека,  
к. ф.-м. н.



**Шодиев З.М.,**  
доцент кафедры  
«Общей физики» СамГУ,  
к. ф.-м. н.



**Хайруллаев Б.А.,**  
докторант (PhD) кафедры  
«Общей физики» СамГУ



Благодаря высокой химической активности сера образует соединения практически со всеми элементами периодической системы Д.И.Менделеева, за исключением инертных газов. Сульфидные соединения широко используются в металлургии цветных и редких металлов, технике полупроводников и люминофоров, аналитической химии, химической технологии, машиностроении. Наибольшее число сульфидных соединений образуют переходные металлы, особенно железо. К таким соединениям относятся природные минералы пирротин ( $\text{Fe}_7\text{S}_8$ ) и пентландит ( $\text{Ni}_9\text{S}_8$ ). Особенно интересны сульфиды железа с точки зрения их магнитных свойств [1].

Исследование структурных, электронных и физических, в том числе магнитных свойств сульфидов железа позволяет обнаружить новые перспективные направления применения магнитных материалов.

На сегодняшний день изучению магнитных свойств минералов, содержащих элементы группы железо-пирротина, никелина (NiAs) и пентландита при высоких температурах уделено недостаточное внимание.

Целью данной работы является исследование парамагнитных свойств природных горных минералов - пирротина, никелина и пентландита в их парамагнитном состоянии, т.е. при высоких температурах. Для достижения этой цели измеряли температурные зависимости магнитной восприимчивости  $\chi(T)$  пирротина, никелина и пентландита, соответственно, в интервалах температур 250-900°C, 360-900°C и 480-900°C. Результаты измерения в виде зависимости  $\chi(T)$  и  $\chi^{-1}(T)$  приведены для пирротина, никелина и пентландита соответственно, на рис.1, 2 и 3.

Анализ (рис.1) показывает, что зависимость  $\chi(T)$  для пирротина имеет сложный характер: с ростом температуры  $\chi$  в интервале тем-

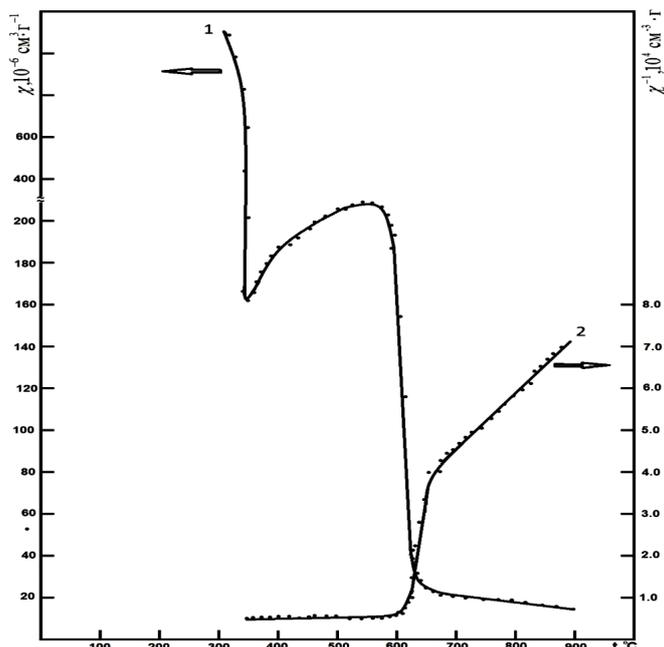


Рис. 1. Зависимости  $\chi(T)$  (кр.1) и  $\chi^{-1}(T)$  (кр.2) пирротина

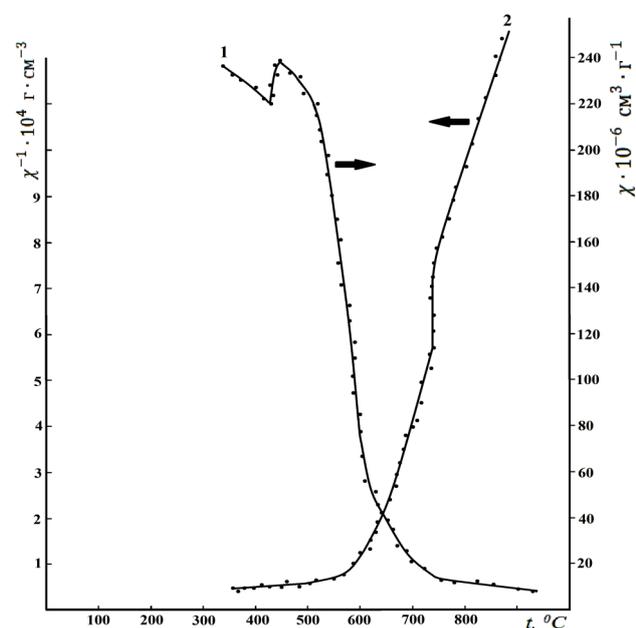


Рис. 2. Зависимости  $\chi(T)$  (кр.1) и  $\chi^{-1}(T)$  (кр.2) никелина

ператур 250-350°C резко уменьшается и при 350°C достигает минимальное значение; в интервале температур 350-530°C эта зависимость растёт нелинейно (имеет вогнутость обращенной к оси температур) и при 530°C достигает максимальное значение; в интервале температур 530-650°C  $X(T)$  резко уменьшается, а в интервале температур 650-900°C уменьшается почти линейно.

Зависимость  $X(T)$  для никелина (рис.2) тоже имеет сложный характер: с ростом температуры  $\chi$  в интервале температур 360-425°C уменьшается и при 425°C достигает минимальное значение; в интервале температур 425-450°C  $\chi$  растёт резко почти скачкообразно и при 450°C достигает максимальное значение, в интервале температур 450-740°C монотонно уменьшается, а в интервале температур 740-900°C уменьшается почти линейно.

Зависимость  $X(T)$  для пентландита рис.3 имеет простой характер: с ростом температуры  $\chi$  в интервале температур 480-650°C резко уменьшается, а в интервале температур 650-900°C уменьшается почти линейно.

Анализ зависимости  $X^{-1}(T)$  изученных минералов (рис.1, 2 и 3 кр.2) показывает, что эта зависимость имеют линейный характер, и имеет два излома при определённых температурах, после которых изменяется наклон этих зависимостей относительно оси температур ( $d\chi^{-1}/dT$ ). Изломы наблюдаются для пирротина при 600°C и 650°C (рис.1 кр.2), для никелина при 600°C и 740°C (рис.2 кр. 2) и для пентландита при 480°C и 650°C (рис.3 кр. 2). Следует отметить, что для изученных минералов наклоны их зависимости  $X^{-1}(T)$  после первого и второго увеличивается по сравнению с наклонами  $X^{-1}(T)$  зависимости в исследуемых интервалах температур до первого излома. Однако, наклон зависимостей  $X^{-1}(T)$  после второго излома, меньше по сравнению с наклонами этих зависимостей после первого излома.

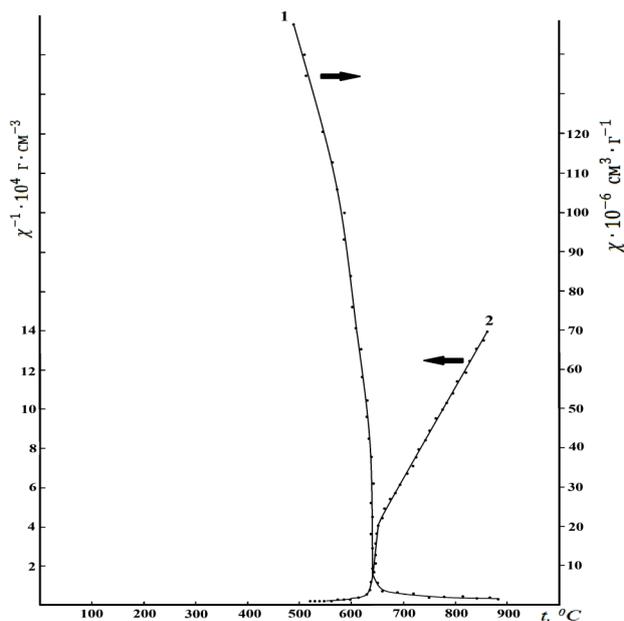


Рис. 3. Зависимости  $X(T)$  (кр.1) и  $X^{-1}(T)$  (кр.2) пентландита

Зависимости  $X^{-1}(T)$  всех изученных минералов до температуры первого излома, в интервалах температур между изломами и после температуры второго излома имеют линейный характер. Этот опытный факт свидетельствует о том, что эти зависимости в указанных интервалах температур подчиняются линейному закону Кюри-Вейсса  $\chi=C/(T-\Theta_P)$ . (1)

где:  $\Theta_P$  – парамагнитная температура Кюри,  $C$  – постоянная Кюри-Вейсса.

Изломы, наблюдаемые на зависимости  $X^{-1}(T)$  изученных минералов можно объяснить только со структурными превращениями, происходящими в кристаллической решетке этих минералов при вышеуказанных температурах. В работе [4] такие превращения обнаружены экспериментально при структурных исследованиях пирротина. Это подтверждает достоверность наших предположений по объяснению изломов зависимости  $X^{-1}(T)$  изученных минералов.

Путём обработки экспериментальных зависимостей  $X^{-1}(T)$  изученных минералов методом наименьших квадратов найдена парамагнитная температура Кюри  $\Theta_P$ , постоянная Кюри-Вейсса ( $C$ ), магнитный момент приходящегося на химическую формулу минерала ( $\mu_{\text{фор}}$ ) и эффективный магнитный момент, приходящийся на магнитоактивный атом ( $\text{Fe}$  и  $\text{Ni}$ ) ( $\mu_{\text{эфф}}$ ) минералов [2].  $\mu_{\text{фор}}$  рассчитан по следующей формуле:

$$\mu_{\text{фор}} = 2,83 \sqrt{CM} \mu_B \quad (2)$$

где:  $M$  – молекулярная масса минерала.

$\mu_{\text{эфф}}$  рассчитан по нижеприведенной формуле:

$$\mu_{\text{эфф}} = 2,83 \sqrt{CM_1 + M_2x/1-x} \mu_B, \quad (3)$$

где:  $M_1$  и  $M_2$  – атомарные массы магнитоактивного и немагнитного ( $S$ ) атомов соответственно;  $x$  – концентрация серы в атомных долях. Результаты расчетов приведены в табл.1.

Таблица 1  
Магнитные характеристики минерала пирротина, никелина и пентландита

| Минералы   | Интервал температуры, °C | $\Theta_P$ , К | $C$ , $10^{-4} \text{ К}^2 \text{ см}^3 / \text{г}$ | $\mu_{\text{фор}}$ , $\mu_B$ | $\mu_{\text{эфф}}$ , $\mu_B$ |
|------------|--------------------------|----------------|---|------------------------------|------------------------------|
| Пирротин   | 650-900                  | 583            | 76,6  | 6,3                          | 2,37                         |
| Никелин    | 600-740                  | 833            | 28,57   | 1,75                         | 1,75                         |
|            | 750-900                  | 803            | 27,5  | 1,72                         |                              |
| Пентландит | 650-900                  | 853            | 19,15   | 3,47                         | 1,16                         |

Из табл. 1 видно, что по значению  $\Theta_P$ ,  $C$ ,  $\mu_{\text{фор}}$  и  $\mu_{\text{эфф}}$  не наблюдается общая закономерность. Следует отметить, что наши результаты по значению  $\Theta_P$  для пирротина (583 К) удовлетворительно согласуются с результатом работы ( $\Theta_P=538 \text{ К}$ ) [4], где установлено, что при этой температуре происходит магнитный фазовый переход ферримагнетизм-парамагнетизм. Кроме этого наши результаты по значению магнитного момента  $\mu_{\text{фор}}$  пирротина также удовлетворительно согласуются с результатом данной работы. Учитывая эти соответствия, можно предполагать о том, что магнитные моменты в подрешётке магнитоактивных ионов минералов (железа или никеля) их магнитные моменты упорядочены ферромагнитно внутри атомных слоев, а между слоями антиферромагнитно, однако благодаря наличию вакансий магнитные моменты не скомпенсированы полностью, что приводит к ферримагнетизму.

1. Впервые измерены зависимости  $X^{-1}(T)$  минералов- пирротина, никелина и пентландита в интервалах высоких температур 250-900°C, 380-900°C и 480-900°C, соответственно.

2. По экспериментальной зависимости  $X^{-1}(T)$  для изученных минералов определены основные магнитные характеристики, значения которых удовлетворительно согласуются с литературными данными. Экспериментально установлено, что эти зависимости имеют линейный характер и имеют по два излома при определенных температурах после которых изменяется их наклон.

### Библиографический список:

1. Dekkers M.J., Schoonen A.A. An electrokinetic study of synthetic greigite and pyrrhotite // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1994. Vol.58, №19. pp.4147-4153.
2. Кувандиқов О.К., Шақаров Х.О., Шодиев З.М., Хасанов Х.Б. Изучение парамагнитных свойств горных пород содержащих минералы при высоких температурах. Научно-технический и производственный журнал. «Горный вестник» Узбекистана. 4. №67, октябрь-декабрь, 2016. С.84-87.
3. Старчиков С.С. Магнитные, структурные и электронные свойства наночастиц сульфидов и оксидов железа с различной кристаллической структурой. Диссертация. Москва 2015, 6 с.
4. Selivanov E.N. Thermal Expansion and Phase Transformations of Natural Pyrrhotite / E.N. Selivanov, R.I. Gulyaeva, A.D. Vershinin // *Inorganic Materials.* -2008. -V.44. -pp.438-442.

# ЗАРАФШОН БОТИКЛИГИ ПАЛЕОЗОЙ ЁТКИЗИКЛАРИНИ НЕФТГАЗЛИЛИГИНИ ЎРГАНИШДА БАЖАРИЛГАН ГЕОЛОГИК-ГЕОФИЗИК ТАДКИКОТЛАРНИНГ ТАХЛИЛИ



**Халисमतов И.Х.,**  
г-м.ф.н. "Нефть ва газ конлари геологияси" кафедраси доценти, И. Каримов номидаги Тошкент Давлат Техника Университети



**Нурматов М.Р.,**  
Фарғона нефть-газлиги лабораторияси мудир доцент, "Нефть ва газ конлари геологияси ҳамда қидирув институти" АЖ



**Шомуродов Ш.Э.,**  
"ФККГ ва Р" кафедраси ассистенти (КарМИИ)



**Бабалов Ж.К.,**  
"ФККГ ва Р" кафедраси ассистенти (КарМИИ)

*Maqolada geologik tuzilishi, neft va gaz, Zarafshon cho'kmasidagi paleozoy cho'kindilarini kosmogeologik o'rganish, seysmik qidiruv natijalari va Koncha № 1 parametrik qudug'ining asosiy ma'lumotlari muhokama qilinadi.*

*Tayanch iboralar: Zarafshon havzasi, paleozoy konlari, tektonik yoriqlar, tog 'jinslari, litologiya, strigrafiya, neft, gaz, suv ombori, kosmogeologik tadqiqotlar, seysmik qidiruv, yadro.*

*В статье представлены изучение геологического строения, нефтегазоносность, космогеологическое изучение палеозойских отложений Зарафшанской впадины, результаты сейсморазведки и данные керны из параметрической скважины Конча № 1.*

*Ключевые слова: Зарафшанская впадина, палеозойские отложения, тектонические разломы, породы, литология, стратиграфия, нефть, газ, коллектор, космогеологические исследования, сейсморазведка, керны.*

Ўзбекистон ҳудудидаги нефть ва газ захираларини ва қазиб чиқаришни ошириш мақсадида бир қанча кам ўрганилган ҳудудларини аниқлаб янги нефть ва газ истиқболли регионларни излаб топиш ва барча нефтьгазли регионларда қазиб чиқариш ҳамда УВ захираларини ошириш бўйича бошланғич ресурсларни юқори ўзлаштирилганлиги (Бухоро-Хива региониди 70% дан ортиқ), нефть ва газ уюмларини излашнинг стратиграфик диапазонини кенгайтириш (УВ қазиб чиқаришни 1,2-1,5 маротаба ошириш ҳамда эҳтиёжини қондириш) ҳозирги кунда долзарб масала бўлиб келмоқда. Утган аср давомида республиканинг нефтьгаз геологияси мезо-кайнозой қатламнинг нефть ва газ потенциалини ўрганишга қаратилган бўлиб, натижада бир нечта йирик нефть ва газ ҳавзалари очилган. Ҳозирги вақтда Ўзбекистон Республикаси ҳудудида бешта нефть ва газли регионлар (Устюрт, Бухоро-Хива, Сурхондарё, Жануби-Фарбий Ҳисор ва Фарғона) ва учта янги истиқболли деб баҳоланаётган (Хоразм, Ўрта Сирдарё ва Зарафшон) регионлари маълум.

Янги регионлардан бўлган Зарафшон ботиклигининг палеозой ётқизикларини нефть ва газга истиқболлилигини мақсадли геологик ўрганиш 2010 йилда бошланиб: Ботиклиқнинг бурмаланган структураси қандай тузилишга эга? Унда нефть ва газ конлари бўлиши мумкинми? Агар шундай бўлса, аввал уларни қаердан қидириш керак деган саволлар қўйилди. Биринчи саволга жавоб бериш учун Тянь-Шан тоғ тизимасининг тектоник тузилиши ўрганилди. Жанубий Тянь-Шаннинг Мезозойгача бўлган комплекслари Бухоро-Хива минтақасининг палеозой комплексларига ва Қорақум платосининг карбонатли қопламасига бўлинган. [1]

Зарафшон ботиклиги Жанубий Тянь-Шан эпиплатформ орогенининг марказий қисмида жойлашган. Шимолий қисми Шимолӣ ва Жанубий Нурота тоғ тизмаларидан ташкил топган. Жанубда унинг чегаралари Зирабулоқ-Зиаэддин тоғлари ва Каратюбе тоғлари ва Фарбда у Марказий Қизилқум кўтарилмалари билан чегараланган. Шарқдан Зарафшон дарёси бошланадиган Туркистон ва Зарафшон тоғ тизмалари орқали ёпилган. (1-расм).

Зарафшон ботиклигининг энг ўзига хос хусусияти бу минтақавий тектоник ёриқлар ва кичик кўндаланг ва диагональ ёриқларнинг кенг тарқалиши туфайли аниқ кўринадиган блокли тузилишга эга эканлиги. Геологик кесмада иккита геотектоник элементга ажиратилади: палеозой ва мезо-кайнозой структура қаватлари. Шундан палеозой структура қавати чуқинди-метаморфик, эффузив ва интрузив тоғ жинслари кенг миқёсда тарқалган. Энг кўпи қуйи палеозойнинг сланец комплекслари ва юқори палеозойнинг карбонат комплекси ва интрузив

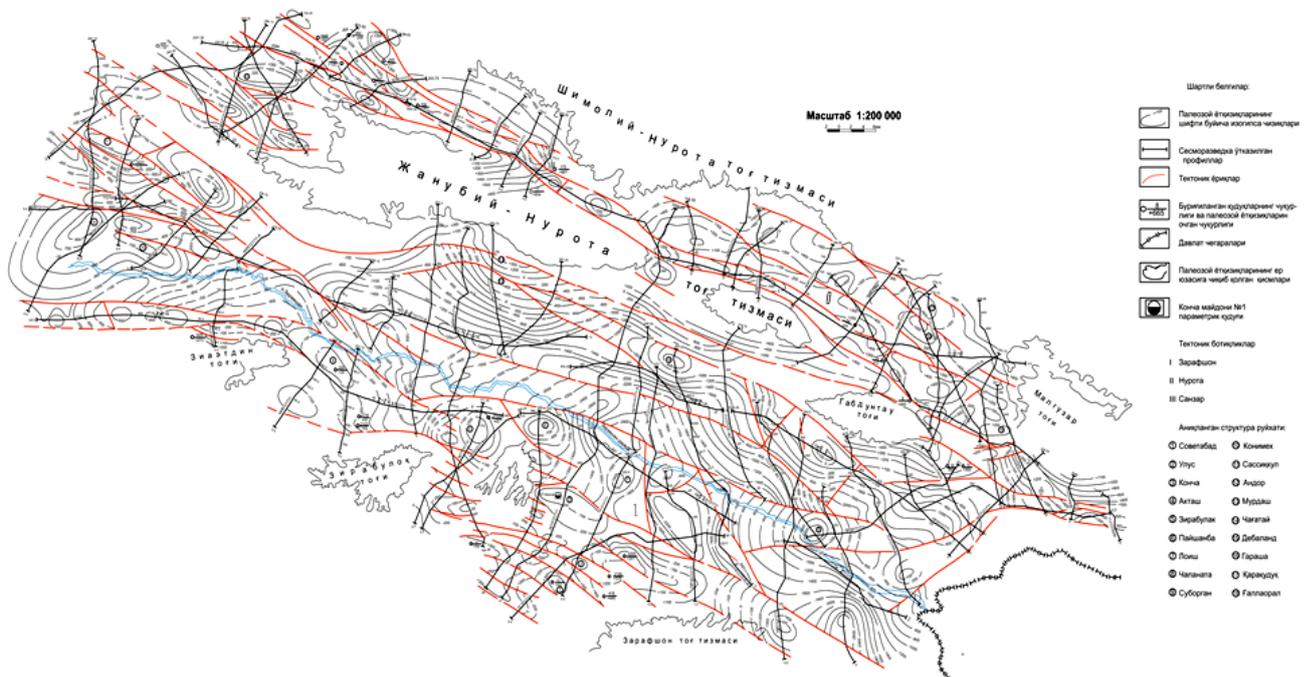
гранитлардан ташкил топган. КМПВ (Корреляционный метод преломленных волн) синган тўлқинларни таққослаш ва МОВ (метод отраженных волн) қайтган тўлқин усулларидаги сейсмик маълумотларига кўра ботиклиқнинг марказий қисмида палеозой юзасининг чуқурлиги 2,5-2,8 км га этади. Тоғли ҳудудларда у ер юзасига чиқиб қолган ҳолда ўраб туради.

Мезозой-кайнозой структуравий қаватида юра, бўр, палеоген, неоген ва антропоген даврларининг кучсиз денгиз ва континентал ётқизиклари мавжуд. КМПВ синган тўлқинларни таққослаш ва МОГТ (метод общей глубинной точки) умумий чуқур нуқта (УЧН) усуллари билан ўтказилган сейсмик қидирув ишларида мезозой-кайнозой структуравий қаватида ўнга яқин турли хил маҳаллий ижобий тузилмалар аниқланган.

Зарафшон ботиклигида палеозой эрасининг литологик, стратиграфик мажмуаларида углеводородлар мавжудлигини ва уни тўплаши мумкин бўлган ҳудуд ҳисобланади. Актау, Зайнак, Нурота, Сукайти, Абдугафар, Актепа тоғ тизмаларида силур даври ётқизикларида битум учраши бу ҳолатга тасдиқ бўлади. Зарафшон тоғ тизимасининг шимолий ён бағирида жойлашган Куштутда палеозой қатламларида нефтни сизиб чиқиши, Туркистон тоғ тизимасини жанубий ёнбағрида (Сари-Кутан), Зирабулоқ тоғида (Ингичка қонида), Улус-Жам чўлларида бўр қатламларида, Зиаэддин тоғининг шимолий қисми тоғ олди ҳудудидаги қалин гранит ётқизикларини ёриб чиқувчи кварц томирларидаги нефть белгилари бунга туртки бўла олади. Ўзига нефтни сингдирган, қалинлиги 8-10 см кварц томирлари 500 м давомида кузатилган. [2]

Зирабулоқ тоғларининг шимолий-фарбий қисмида Ўзбекистон Республикаси Давлат геология-қидирув экспедицияси томонидан Марказий Ўзбекистон ҳудудини геологик ўрганиш пайтида чуқур бўлмаган қудуқлар қазилган. Экспедиция геологларининг оғзаки ҳисоботида кўра, Дараитут майдонида қазилган қудуқлардан бирининг 53,5-84,8 м оралиқдаги Силур ётқизикларидан олинган керн намуналарида кичкина линзасимон асфальтен (битум) ҳосил бўлгани аниқланган ва бу майдоннинг истиқболли углеводород уюмлари кўрсаткичлари бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Нашр қилинган мақолаларда ва ўтказилган тадқиқотларда бўр даври ва палеозой эраси ётқизикларини нефть ва газ истиқболи бўйича тектоника, стратиграфия, палеогеография маълумотлари тўлиқ очилмаган. Қазилган қудуқлар асосан гидрогеологик тадқиқот учун ўтказилган. Қазилган қудуқларнинг чуқурлиги 500 метрдан ошмайди ва неоген тўртламчи қатламларидан ўтмаган.



**1-расм. Зарафшон ва Нурота ботиқликларининг палеозой ётқиқларини шифти бўйича тузилган структуравий харитаси**

Тузилмавий тектоник чуқур катлам ёриқлари бўйича, космогеологик тадқиқот маълумотларини юқори даражадалигини инобатга олган ҳолда Зарафшон ботиқлигида сейсморазведка ишларини олиб боришда космофотоаномалиялардан линеаментлар (тектоник ёриқларнинг бир чизикда) жойлашувини инобатга олиш тавсия қилинди.

2013 йилда Зарафшон ботиқлигини тектоник тузилишни аниқлаштириш ва ундаги локал тузилмаларни-углеводородлар учун тутқиқларини аниқлаш мақсадида геологик ва геофизик ишлар билан биргаликда космогеологик тасвирларини шарҳлаш амалга оширилди (Бикеева Л.Р., Усманов П.М., 2013).

Кўйилган масала шундан иборат бўлдики, Зарафшон ботиқлиги ва ён ҳудудлари билан биргаликда космогеологик ўрганишда: космогеологик суратлар, топографик хариталарнинг тузилмавий геоморфологик дешифрировкасини геологик-геофизик излов ишлари натижалари билан мажмуавий таҳлили асосида "Зарафшон ботиқлиги тектоник тузилишини мукаммал ўрганиш, ҳамда углеводородларга тутқиқ бўла оладиган майдонларни ажратиш" бўйича тадқиқот ўтказилди. Тадқиқот 31,5 минг км<sup>2</sup> майдонда олиб борилди. Ҳудуд чегарасида мураккаб тузилишга эга бўлган формацион тузилма зоналари мавжуд ва ўз қамровига: Айрибель, Зирабулоқ-Зиаэтдин тоғлари, Қоратепа, Чакил-Қалян, Губдунтау, Актау, Карақтау, Шимолий ва Жанубий Нурота тоғлари қиради. Уларнинг баландлиги 1100 м дан 1300 м гача ва 2000 м дан-3700 м гача.

Космогеологик тасвирларни таҳлил қилиш натижасида ҳудуднинг мозаик-блокли тузилишини шакллантириш учун кесишган мунтазам йўналтирилган ва анча кенгайтирилган зоналар аниқланди. Бир йўналишдаги линеамент (чизикли) синишлар тизимлари аниқланган, улар зоналарга гуруҳланган. Бундай зоналарнинг иккитаси марказий қисмда Зарафшон, Нурота, Санзарда жойлашган. Узоқ масофадан ўрганилганда энг аниқ ва кенгайтирилган таркибий тектоник ёриқлардан бири, Зарафшон дарёси водийси томонидан тарқалган ва шимолий-ғарбий (Марказий ва Жамбай) йўналишининг геодинамик фаол минтақавий бузилишларига тўғри келади. Шунингдек лиминент зоналари юзлаб километрларгача кузатилиши мумкин. Жумабозор, Ғарбий Туркистон, Наукин, Майбулоқ, Ғарбий Чапаната, Жанубий Туркистон, Жанубий Нурота, Сазаган ҳудудларига регионал ёриқлари мос келади. [3]

Ҳудудда 2011-2014 йилларда Зарафшон ва Нурота ботиқликлариде геофизиканинг сейсморазведка УЧН-2Д ишларининг ўтказилган. Тадқиқотлардан олинган маълумотларга кўра полеозой ётқиқларини шифти бўйича структуртуравий харитаси тузилиб 18 та антиклинал нефть ва газ учун тутқиқ бўла оладиган (Советбад, Пайшанба, Лоиш, Конимех, Андор, Дебаланд, Гараша, Галлаарал, Улус, Зирабулоқ, Конча, Суборган, Сассыкул, Мурдаш, Чапаната, Чагатай, Каракудук, Акташ) структуралар аниқланган (1-расм). [4]

Зарафшон ботиқлигининг чуқур геологик-тектоник тузилиши бўйича янги маълумотлар йўқлиги ва мавжудлари ҳам етарлича бўлмаганлиги аниқланди.

Геологик тузилишини ҳамда нефтьгазчилигини чуқурроқ ўрганиш учун 2015-2017 йилларда Конча майдонида №1 параметрик қудуғини бурғилаш ишлари амалга оширилиб палеозой эратемасидан силур ва девон системаси қатламлари очилган. Конча №1 сонли параметрик қудуқда лойиҳа бўйича палеозой ётқиқлардан 740 м ҳажмида керн намуналар олиниши керак эди, ҳақиқатда эса 56,2 м ҳажмда олинган, шундан 33,55 м керн чиққан.

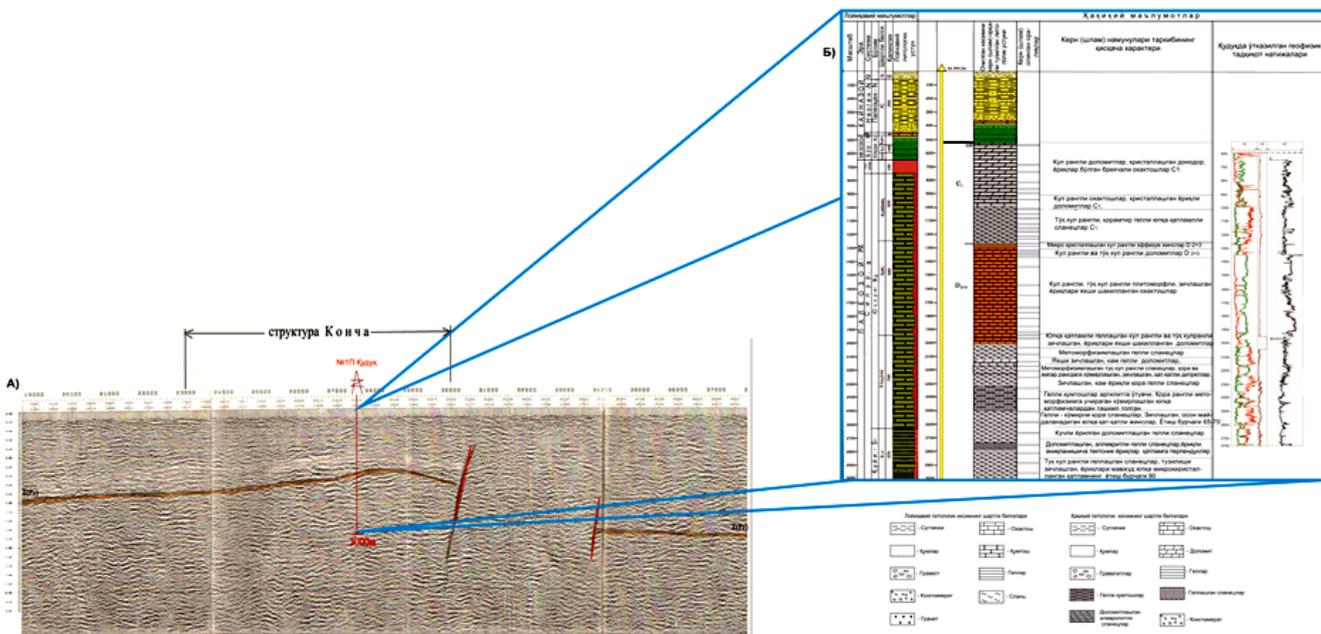
Олинган керн ва шламларини лабораторияда ўрганиш натижаларига кўра, палеозой ётқиқларини юқори қисмида карбонат жинслар (доломитлар, оҳақтошлар, 650-870 м оралиғида), пастки қисмида 1065-1066, 1098-1100, 1972-1973, 1894-1895, 1931-1932, 2147-2148, 2200-2206, 2236-2237, 2325-2326, 2280-2281, 2720-2721, 2792-2793, 3000-3001 м) метаморфик тоғ жинслари-кўмир-алевролит-гилли сланецлар, кварц-дала шпатлари-гидрослюда таркибли карбонат аралашмаси, торфли қумтошлари билан бирга учрайди (2б-расм).

Физик-кимёвий хусусиятларига кўра, намуналар асосан гидрофилик, хлороформ экстракти эса рангсиз кўринишга эга. Ўтказувчанлик хусусиятларига кўра жуда зич, ёриқли, ёриқлари минераллар билан тўлдирилган синикли кўринишда. Қудуқларни бурғилаш маълумотларини ўрганиш натижасида 1755-3000 м оралиқдаги қатламлар зич ва паст ўтказувчан қийматга эга бўлган жинсларнинг очиқ ғовақчилиги 3,57% дан 7,14% гача ўзгарганлиги аниқланди. Белгиланган ҳудуд учун ишончли петрофизик ва қатлам сувларига қаршилик тўғрисида маълумот йўқлиги сабабли тақдим этилган жинсларнинг тўйинганлигини аниқлашнинг иложи бўлмаган.

Сейсморазведканинг вақт бўйича олинган кесими ўрганилганда палеозой ётқиқларида ҳеч қандай аномал ўзгаришлар кузатилмаганлиги ва Конча №1 параметрик қудуғида олинган керн маълумотларида майдоннинг геологик тузилишини сейсморазведканинг вақт бўйича олинган кесими билан боғланмаганлиги. Бу ҳудудларни палеозой ётқиқларини ўрганиш учун сейсморазведка ишларининг методикасини янада такомиллаштириш керак деган хулосага келинди (2-расм).

Қудуқда лойиҳа бўйича палеозой ётқиқлардан 740 м ҳажмда керн намуналар олиниши керак эди, ҳақиқатда эса 56,2 м ҳажмдан керн олиниб шундан 59% и чиққан. Бу кўрсаткич билан очилган қатламларни таркибини тўлиқ ўрганишнинг иложи бўлмаган. Лаборатория тадқиқотларда ўрганилган керн ва шламларда тоғ жинсларининг ёши аниқланмаган ҳамда фауна ва флораларининг қолдиқлари тўлиқ ўрганилмаган. [5]

Ботиқликни нефтьгаз истиқболли деб баҳолаш учун юқорида келтирилган кўлаб битум ва нефть белгилари учраган қатламлар ҳамда ҳудуднинг тектоник, литологик тузилиши асос бўлиши мумкин, бироқ сейсморазведка маълумотларига кўра ҳудуд майдонининг катталиги, 18 та антиклинал структура



2-расм. А) Конча майдонида ўтказилган сейсморазведканинг вақт бўйича олинган кесими Б) Конча №1П кудугини бургилашда ўтказилган геологик-геофизик ишларнинг натижалари

аниқланганлиги ва фақат битта Конча майдонидаги №1 параметрик кудуги бургилаб ўрганилганлиги ботиқликни геологик тузилиши ва нефтгазлилигини ўрганишда тўлиқ маълумот бермайди.

Палеозой ётқизикларининг геологик тузилишини, ундаги маҳсулдор қатламни аниқлаш ҳамда нефтгазлилигини башоратлаш ва сейсморазведка тадқиқотлари учун зарур маълумотларни олиш мақсадида қўйилаётган параметрик кудуқлар самарасиз бўлапти. Айниқса лойиҳавий чуқурлик ва горизонт белгиланганда, лойиҳавий горизонтни “палеозой” ёки “доюрский” терминлари билан аталади. Палеозой системаси эса 6

та катта бўлимларга бўлиниб, ҳар бири ўзининг геологик, тектоник тузилишлари, нефтгазрилиги ва гидрогеологик хусусиятлари билан бир-биридан ажралиб туради.

Палеозой йўналишидаги масалалар бўйича, барча геологик, геофизик ва бошқа маълумотларни чуқур таҳлил қилингандан сўнг, тақлиф қилинаётган лойиҳавий кудуқларни жойлаштириш илмий жиҳатдан асосланиши зарур. Чунки палеозой ётқизикларининг қайси қисмида коллекторлар мавжудлиги, уларда нефтгаз уюмларини борлиги илмий омиллар билан асосланмаса юқорида кўрсатилган камчиликлар такрорланаверади.

Библиографик рўйхат

- 1.Khalismatov I.Kh, Nurmatov M.R, Shomurodov Sh.E. “The oil and gas prospectivity of paleozoic formations in the Republic of Uzbekistan” III Халқаро илмий ва амалий конференция “Scientific and Practical Results in 2016. Prospects for Their Development” БАА, Абу-Дабӣ 2016 йил 27-28 декабр, 52 бет.
- 2.Сафонова Л.Н., Хасанов Р.К., Бикеева Л.Р. “О перспективах нефтегазоносности зарафшанской межгорной впадины и основные направления геологоразведочных работ на нефть и газ”. “Актуальные проблемы нефтегазовой геологии и инновационные методы и технологии освоения углеводородного потенциала недр” Сборник материалов международной научно-практической конференции. Ташкент-2019 г. 88 с.
- 3.Усмонов П.М., Бикеева Л.Р. “Дешифрирование космоснимков и структурно-геоморфологический анализ топокарт в комплексе геолого-геофизических исследований, с целью уточнения тектонического строения Зарафшанской впадины и выделения в ней локальных структур-потенциальных месторождений УВ” 2012-2013 гг, фонды “ИГИРНИГМ”.
- 4.Халилова Д.Т. и др. Региональные сейсморазведочные работы МОГТ-2Д в Зарафшанской и Нуратинской впадинах. Отчет Зарафшанской с/п №17/2011-2014, за 2011-2014 гг. филиала “ФГЭ”, фонды АО “Ўзбекгеофизика”.

ANALYSES OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL SURVEYS PERFORMED IN THE STUDY OF OIL AND GAS CONTENT OF THE PALEOZOIC DEPOSITS OF THE ZARAFSHAN BASIN

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 41-43

- <sup>1</sup>Khalismatov I.Kh., Associat Professor of “Geology of Oil and Gas fields”
- <sup>2</sup>Nurmatov M.R., Head of Fergana Oil and Gas Laboratoriya, Associate Professor.
- <sup>3</sup>Shomurodov SH.E., “Geology and exploration of mineral deposits” chair, Shomurodovshohboz@mail.ru
- <sup>3</sup>Babalov J.K., “Geology and exploration of mineral deposits” chair, javohir.babalov@mail.ru

- <sup>1</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan
- <sup>2</sup>Institute of oil and gas geology and Exploration, Tashkent, Uzbekistan
- <sup>3</sup>Karshi Engineering and Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract

The article presents the study of the geological structure, oil and gas potential, cosmogeological study of the Paleozoic sediments of the Zarafshan depression, seismic results and core data from the Koncha parametric well №1.

**Keywords:** Zarafshan depression, Paleozoic deposits, tectonic faults, rocks, lithology, stratigraphy, oil, gas, reservoir, cosmogeological studies, seismic exploration, core samples.

References

- 1.Khalismatov I.Kh, Nurmatov M.R, Shomurodov Sh.E. The oil and gas prospectivity of paleozoic formations in the Republic of Uzbekistan III Халқаро илмий ва амалий конференция “Scientific and Practical Results in 2016. Prospects for Their Development” December 27-28 Abu-Dhabi, UAE-2016. 52 p.
- 2.Safanova L.N., Khasanova R.K., Bikeeva L.R. About the prospects of oil and gas potential of the Zarafshan intermountain depression and the main directions of geological exploration for oil and gas. “Actual problems of oil and gas geology and innovative methods and technologies for developing the hydrocarbon potential of the international scientific-practical conference. Tashkent-2019. 88 p.
- 3.Usmanov P.M., Bikeeva L.R. “Deciphering satellite imagery and structural-geomorphological analysis of topographic maps in a complex of geological and geophysical studies, with the aim of clarifying the tectonic structure of the Zarafshan depression and identifying in it local structure-potential reservoirs of hydrocarbons” 2012-2013, “IGRNIGM” funds.
- 4.Khalilova D.T. and others. Regional seismic exploration MOГТ-2d in the Zarafshan and Nurtt c/n №17/2011-2014 of the “ФГЭ” funds of “Uzbekgeofizika”.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АУМИНЗО-АМАНТОЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ



**Тухташев А.Б.,**  
зав. кафедрой «Горное дело»  
НГГИ, к.т.н., доцент



**Назаров З.С.,**  
доцент кафедры «Горное дело»  
НГГИ, к.т.н.



**Жабборов О.И.,**  
главный инженер проекта ЦПБ  
НГМК, к.т.н.



**Зарипова Ф.Б.,**  
магистрант кафедры  
«Горное дело» НГГИ

*Ushbu maqolada Amantaytau konini kompleks geomexanik o'rganishni o'tkazish bo'yicha amaliy tajriba tasvirlangan. Ishga mavjud bo'lgan ochiq konning yon bag'irlarida tosh sinishlarini o'rganish, quduqlar to'g'risidagi ma'lumotlar bazasini yaratish va to'ldirish, quduqlarni qo'shimcha burg'ulash, namunalar olish va jinslarning fizikaviy va mexanik xususiyatlarini o'rganish bo'yicha laboratoriya tadqiqotlari o'tkazish kiradi. Laboratoriya sinovlari ma'lumotlari va sinish ishlarini fazoviy yo'naltirish ham amalga oshirildi. Amalga oshirilgan ishlar asosida tosh massasining litologik, strukturaviy-geologik modellari va modeli ishlab chiqildi, massiv yorilish yo'li bilan rayonlashtirildi.*

**Tayanch iboralar:** tog' jinslarining sinishi, geomexanik model, geomexanik tasnif, strukturaviy-geologik rayonlashtirish, chuqur devorlarining barqarorligi.

*В статье описан практический опыт проведения комплексного геомеханического изучения месторождения Амантайтау. Работы включали съёмку трещиноватости горных пород на откосах существующего карьера, создание и заполнение базы данных скважин, проведение дополнительного бурения скважин, отбор проб и проведение лабораторных исследований физико-механических свойств пород. Также была выполнена пространственная привязка данных лабораторных испытаний и изучения трещиноватости. На основе проведенных работ разработаны литологическая, структурно-геологическая модели и модель породного массива, выполнено районирование массива по трещиноватости.*

**Ключевые слова:** трещиноватость горных пород, геомеханическая модель, геомеханическая классификация, структурно-геологическое районирование, устойчивость бортов карьера.

Эксплуатационная разведка при разработке мелкомасштабных золоторудных месторождений является, одним из главных процессов открытых горных работ. На действующих карьерах рудника Ауминзо-Амантой эксплуатационная разведка проводится для уточнения границ рудных залежей, их запасов, качества, сорта и типа руд. Выявления ранее неизвестных рудопроявлений золота в пределах границ карьеров и их оценки, установления морфологии рудных тел для их последующего оконтуривания, и определения границ выемки, осуществления оперативного подсчета запасов и контроля за полнотой и качеством выемки руд, что является основными характеристиками для обоснования проектных показателей коэффициентов потерь и разубоживания руды мелкомасштабных месторождений.

Методика и объемы эксплуатационной разведки для месторождений, обрабатываемых открытым способом, определяются в зависимости от сложности их внутреннего строения, кроме того, они учитывают способ проведения и объемы вскрышных работ, высоту и число уступов, схему последовательности их разработки. Назначение опережающей эксплуатационной разведки на карьерах состоит в уточнении, прежде всего, внешних контуров залежи на горизонтах (одном-двух), расположенных ниже горизонта текущих очистных работ, в предварительном прослеживании и оконтуривании внутри рудных блоков пустых пород, ореолов развития различных природных типов и промышленных сортов руд. Это связано с необходимостью определения разносов бортов карьера, а также с задачами перспективного и текущего планирования добычи. Соответственно запасы руд, охваченные опережающей эксплуатационной разведкой, должны быть не меньше объема годовой добычи, а для обеспечения маневрирования горными работами - превышать его в два-три раза.

Плотность разведочной сети определяется в зависимости от сложности геологического строения. Систему эксплуатационной разведки часто приспособляют к системе детальной разведки путем

последовательного уменьшения расстояния между скважинами в профилях детальной разведки. Разведочная сеть сгущается дифференцированно в зависимости от сложности строения залежи. При этом, в первую очередь, бурят скважины в контурной зоне. Промежуточные профили разбуривают в случаях, если данные основных профилей не дают однозначного решения.

Профили могут быть различной протяженности, например, короткими, охватывающими приконтурную полосу либо участки внутри рудных прослоев пустых пород, технологически различных типов и сортов руд и др. Кроме того, для решения отдельных неясных вопросов о геологическом строении объекта бурят одиночные скважины.

Сопровождающая эксплуатационная разведка на карьерах совпадает по времени с добычными работами, ведущимися с использованием буровзрывных скважин. Кроме того, роль разведочных выполняют также нарезные траншеи, борта уступов и забои карьера. Основные задачи, стоящие перед сопровождающей эксплуатационной разведкой, состоят в детальном оконтуривании типов руд, внутрипородных прослоев, изучении характера распределения компонентов в рудах, проведения технологического опробования и картирования. По данным опробования буровзрывных скважин составляются проекты на массовые взрывы, осуществляются планирование и контроль добычи.

Плотность сети отбора проб зависит от характера распределения компонентов в рудном теле; определенное влияние оказывают также размеры очистного блока и расстояния между буровзрывными скважинами. Для залежей с отчетливо выраженной анизотропией в горизонтальном сечении распределения компонентов устанавливается, как правило, прямоугольная сеть: опробуется каждая скважина в крест простирания и через одну по простиранию. Параметры сети опробуемых скважин и представительность шламовых проб на каждом месторождении устанавливаются экспериментально, иногда методом аналогии, а также с помощью аналитических методов. Следует также отме-

Таблица 1

Показатели потерь и разубоживания руды, принятые в проектах отработки месторождений Ауминзо-Амантойского рудного поля в зависимости от морфологии рудных тел

| №  | Наименование месторождений, участков | Диапазон мощности рудных тел, м | Средняя мощность рудных тел, принятая для расчета, м | Диапазон угла падения рудных тел, ° | Угол падения рудных тел, принятая для расчета, ° | Потери, % | Разубоживание руды, % |
|----|--------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|--|-----------|-----------------------|
| 1  | Западный Амантайтау                  | 2,0-17,0                        | 6  | 60-80                               | 70   | 4,3       | 13,7                  |
| 2  | Узунбулак                            | 5,0                             | 5  | 45-85                               | 65   | 4,3       | 13,7                  |
| 3  | Аксай                                | 5,0-28,0                        | 7  | 60-85                               | 75   | 6         | 10,6                  |
| 4  | Сарыбатыр                            | 2,0-35,0                        | 9  | 60-70                               | 65   | 5         | 15                    |
| 5  | Центральный Амантайтау               | 5,0-30,0                        | 9  | 43-80                               | 60   | 4,3       | 13,7                  |
| 6  | Аджибугут                            | 5,0                             | 5  | 60-75                               | 70   | 7,1       | 14,2                  |
| 7  | Асаукак                              | 2,0-7,0                         | 5  | 65-85                               | 70   | 7,1       | 14,2                  |
| 8  | Северный Асаукак                     | 4,0-22,6                        | 5,5  | 60-75                               | 67,5   | 6,5       | 11                    |
| 9  | Срединный                            | 4,0-22,0                        | 6,5  | 60-80                               | 70   | 6,2       | 10,7                  |
| 10 | Тасказган                            | 5,3-15,5                        | 5,5  | 70-85                               | 75   | 6,2       | 9,3                   |
| 11 | Северный-Даугызтау                   | 4,0-34,0                        | 5,7  | 50-85                               | 67,5   | 6         | 10,1                  |
| 12 | Северо-Западное                      | 4,0-28,0                        | 6,8  | 55-85                               | 70   | 6         | 9,7                   |
| 13 | Ясаул                                | 3,0-21,0                        | 6,6  | 65-85                               | 75   | 6,1       | 9,9                   |
| 14 | Тумшуктау                            | 4,0-54,0                        | 5,7  | 60-80                               | 70   | 6,7       | 9,1                   |
| 15 | Западный Карасай                     | 4,0-26,0                        | 6  | 50-85                               | 67,5   | 6,2       | 10,3                  |
| 16 | Северо-Восточное                     | 3,0-21,0                        | 5,2  | 65-85                               | 75   | 6,2       | 10,6                  |
| 17 | Колчиктау                            | 5,0-32,5                        | 6,5  | 60-80                               | 70   | 4,1       | 12,9                  |

тить, что, помимо химического опробования, шлам буровзрывных скважин используют для анализа малых технологических проб. При определенных условиях для опробования буровзрывных скважин применяют геофизические методы.

В случае необходимости осуществляется контроль над выполнением очистных работ, должна вестись геологическая документация, дополнительное забойное опробование, согласно которым возможно уточнение и корректировка контура рудных тел.

Потери и разубоживание образуются в приконтурных зонах из-за несовпадения угла откоса уступа карьера с углом падения контакта рудного тела и представляют собой форму треугольника теряемой руды и перемешиваемых пород.

Порядок отработки рудного тела предполагается от всячего бока к лежащему, а также в целях уменьшения потерь и разубоживания возможно под уступную отработку (уступами высотой 2,5 м).

Показатели потерь и разубоживания руды, рекомендуемые, к применению в проектах отработки месторождений Ауминзо-Амантойского рудного поля в зависимости от морфологии рудных тел для подсчета запасов золота по месторождениям приведены в табл.1.

Указанные в таблице показатели потерь и разубоживания руды приняты в ТЭО проекта «Строительство рудника по добыче и переработке золотосодержащих руд месторождений Ауминзо-Амантойского рудного поля» ГМЗ-5.

Для определения влияния морфологии рудных тел к показателям потерь и разубоживания руды, определенных проектами ниже приводится зависимость (диаграмма), потерь и разубоживания руды по мощности и углу падения рудных тел.

Рассмотрев имеющиеся данные, табл.1. и составленные диаграммы проектных показателей потерь и разубоживания руды можно сделать следующие выводы:

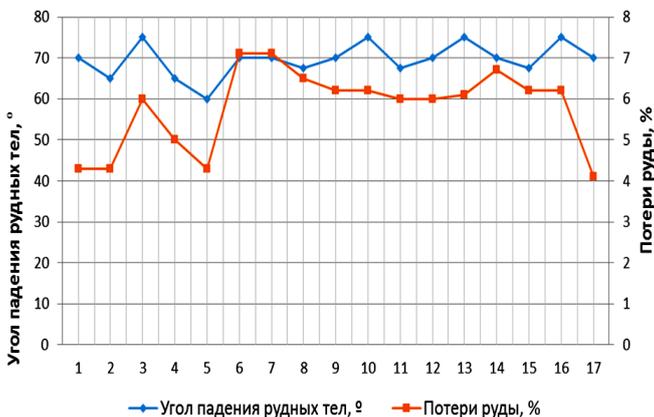


Диаграмма 1. Проектные потери руды в зависимости от угла падения рудных тел. (Названия месторождений пронумерованы в соответствии с табл. 1)

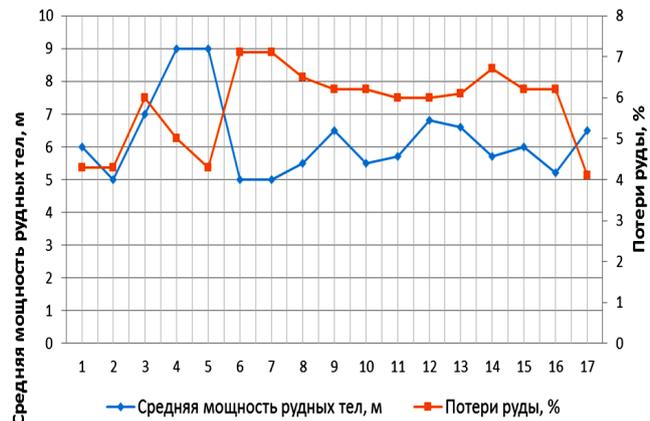


Диаграмма 2. Проектные потери руды в зависимости от средней мощности рудных тел. (Названия месторождений пронумерованы в соответствии с табл. 1)



Диаграмма 3. Проектные показатели разубоживания руды в зависимости от угла падения рудных тел (Названия месторождений пронумерованы в соответствии с табл. 1)

- показатели потерь и разубоживания руды являются изменчивыми, в зависимости и сложности морфологии рудных тел;
- с увеличением средней мощности рудных тел уменьшается и разубоживание рудных тел;
- с увеличением угла падения рудных тел увеличивается потери руды,



Диаграмма 4. Проектные показатели разубоживания руды в зависимости от средней мощности рудных тел (Названия месторождений пронумерованы в соответствии с табл. 1)

- потери и разубоживание руды зависит от диаметра взрывных скважин и типа применяемого ВВ;
- потери и разубоживание руды зависит от типа применяемого выемочно-погрузочного оборудования и с какой стороны обрабатывается рудное тело (висячий бок, лежащий бок, по простиранию и под углом к простиранию рудных тел).

### Библиографический список:

- 1.Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Издательство «Недра», 1980 г.;
- 2.Ставский А.П., Войтенко В.Н. Перспективы развития геолого-разведочных работ в России//Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. – 2006. - №1, С. 55-70.
- 3.Ганченко М.В. Определение границ и оптимизация технологических параметров открытых горных работ / М.В. Ганченко, А.Н Акишев, В.А. Бахтин // Горный журнал. – 2005. - №7. – С. 77-80.
- 4.Отраслевая инструкция по определению, учету, нормированию и планированию потерь и разубоживания руды при подземной и открытой разработке месторождений радиоактивных, редких и благородных металлов (РД 8-19-92). Все российский проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии «ВНИГПИпромтехнологии» - М.: 1993. 631 с.

## СТАНОК ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ

# 1M63

Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
"Навоийский машиностроительный завод"  
www.ngmk.uz

Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: infonmz@ngmk.uz

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ



**Яковлев В.Л.,**  
Главный научный сотрудник  
ИГД УрО РАН, Советник РАН,  
член-корреспондент РАН,  
профессор, д.т.н.  
г. Екатеринбург



**Глебов А.В.,**  
заместитель директора ИГД  
УрО РАН, к.т.н.  
г. Екатеринбург



**Кулнияз С.С.,**  
профессор кафедры  
„Металлургия и горное дело“  
Актюбинский региональный  
государственный университет  
им. К. Жубанова, д.т.н.



**Норова Х.Ю.,**  
кафедра «Горное дело», ТашГТУ  
им. И.Каримова, докторант (Phd)

*Maqolada chuqur joylashgan ma'dan konlarini o'zlashtirishda tsiklik oqim texnologiyasini takomillashtirish yo'llari taklif qilingan. qazib olish davrida. Chuqur ochiq quduqlarning samaradorligini oshirishning asosiy yo'nalishlaridan biri bu oqim yo'nalishida tik e'jimli konveyer-dan foydalangan holda tsiklik-oqimli texnologiyadan foydalanish. Har xil turdagi egri konveyerlardan foydalanish tahlili natijalari va mobil maydalash va uzatish punktlaridan foydalanish istiqbollari keltirilgan.*

**Tayanch iboralari:** karerlar, tsiklik oqim texnologiyasi, yo'l-konveyer transporti, qiya konveyer, mobil maydalash va uzatish punktlari, moslashuvchanlik, samaradorlik.

*В статье предлагаются пути повышения циклично-поточной технологии при разработке глубокозалегающих рудных месторождений в период горностроительных работ. Одним из главных направлений повышения эффективности работы глубоких карьеров является применение циклично-поточной технологии с использованием в поточном звене крутонаклонного конвейера. Приведены результаты анализа применения различных типов крутонаклонного конвейера и перспективности применения передвижных дробильно-перегрузочных пунктов.*

**Ключевые слова:** карьер, циклично-поточная технология, автомобильно-конвейерный транспорт, крутонаклонный конвейер, передвижные дробильно-перегрузочные пункты, адаптация, эффективность.

Разработка месторождений открытым способом сопровождается увеличением глубины карьеров, изменением горно-геологических и горнотехнических условий добычи. Обеспечение дальнейшего увеличения объёмов добычи крупных карьеров зависит от правильности выбора гибких технологических схем разработки и горнотранспортной техники, максимально адаптированной к внутрикарьерной инфраструктуре. Применение крутонаклонного ленточного конвейера в этих условиях позволит повысить эффективность циклично-поточной технологии (ЦПТ).

Одним из главных направлений повышения эффективности работы глубоких карьеров является применение циклично-поточной технологии на основе автомобильно-конвейерного транспорта, с использованием в поточном звене ЦПТ крутонаклонного конвейера. В настоящее время применение ЦПТ на карьере Мурунтау (Республика Узбекистан) позволило сократить расстояние транспортировки руды автотранспортом на 30-40%, снизить высоту её подъёма автосамосвалами на 50-70%, сократить количество автосамосвалов работающих карьере и уменьшить загазованность на 30% [1].

Проведённые исследования формирования рабочей зоны крупных железорудных карьеров России и Украины позволили выявить закономерности погоризонтно-временного распределения добычи руды в целом по карьере, а также для зон циклично-поточной технологии. Для зон применения циклично-поточной технологии погоризонтные годовые объёмы добычи руды составляют 1,5-2,5 млн т при высоте уступов 12-15 м, диапазон изменения рабочей зоны - от 60 м до 230 м и более. Например, анализ данных пространственно-временного изменения параметров рабочей зоны Центрального карьера АО «Карельский окатыш» свидетельствует, что с увеличением текущей глубины разработки до 350 м общая высота рабочей зоны увеличивается до 340 м, средняя годовая нагрузка на горизонт по вскрышным работам снижается с 4,3 до 2,1 млн т, а по добычным работам: - с 3,6 до 0,8 млн т в год.

С позиции обеспечения оптимального формирования рудных и породных грузопотоков в системах циклично-поточной технологии в

нижней зоне глубокого карьера следует иметь в работе более одной дробильно-перегрузочной установки, которые по мере углубления карьера необходимо периодически перемещать, обеспечивая сборочному автотранспорту рациональные условия работы.

Формирование технологических грузопотоков на каждый дробильно-перегрузочный пункт следует осуществлять не более, чем с 5-7 горизонтов. Условия формирования рабочей зоны глубоких карьеров и пространственно-временное распределение объёмов скальной горной массы диктуют необходимость применения в системах циклично-поточной технологии специализированных дробильно-перегрузочных установок блочно-модульного исполнения, конструкция которых обеспечивает их периодическое перемещение в карьерном пространстве по мере углубления карьера.

Наиболее полная реализация эффективности новых систем циклично-поточной технологии с мобильными (переносными сборно-разборными) дробильно-перегрузочными установкам достигается при использовании крутонаклонного конвейерного подъема, адаптированного к параметрам глубоких карьеров. По сравнению с традиционными ленточными конвейерами, крутонаклонные конвейера способны перемещать сыпучие материалы под углом 60° и более. Эта особенность крутонаклонных конвейеров позволяет до минимума сократить объёмы горно-капитальных работ при подготовке трассы на борту карьера, исключив необходимость дополнительного разноса борта, имеющего место при обычных конвейерах.

Результаты анализа научно-технической и патентной информации свидетельствуют, что принципиальное отличие в конструктивном исполнении ленточных конвейеров, используемых для крутонаклонного подъема горной массы и других сыпучих материалов, заключается в принятом техническом решении по удержанию груза от скатывания при углах подъема более 18°. Существуют следующие виды крутонаклонных ленточных конвейеров с рифлеными лентами, обеспечивающими подъем груза под углом до 25-27°; с поперечными перегородками (до 90°); тубчатого типа (до 30-50°); с прижимной лентой (до 50-90°).

В глубоких карьерах для транспортирования крупнодробленой горной массы предпочтительны двухконтурные ленточные конвейеры с прижимными (грузоудерживающими) лентами (угол наклона до 25 – 30°) и дополнительным прижатием грузоудерживающих лент механическими устройствами, расположенными стационарно на линейном стае конвейера (угол подъема более 30°) [2]. Крутонаклонные двухконтурные ленточные конвейеры с механическими прижимными устройствами грузоудерживающих лент нашли достаточно широкое применение за рубежом и начинают внедряться в комплексах ЦПТ в России и странах СНГ.

Анализ конструктивного исполнения и процесса транспортирования крупнодробленой горной массы двухконтурными крутонаклонными конвейерами (КНК) со стационарными прижимными устройствами выявил их существенные недостатки:

- стационарно установленные прижимные устройства грузонесущей ленты создают предпосылки движения транспортируемого материала между ними в направлении хвостовой части конвейера при неравномерной загрузке ленты. Это может происходить за счет дополнительных скатывающих сил, возникающих при взаимодействии кусков транспортируемого материала с прижимными элементами. Такое явление снижает надежность и безопасность работы конвейера;

- возникающие динамические нагрузки при взаимодействии прижимных устройств с кусками транспортируемого материала значительно повышают его шевеление, что существенно увеличивает износ рабочих поверхностей конвейерных лент;

- снижение приемной способности грузонесущей ленты до 15–20% вследствие использования ее боковых полос шириной около 200–250 мм для прижатия грузонесущей ленты боковыми катками.

Указанные недостатки можно устранить, используя прижимные элементы, обладающие возможностью перемещения вместе с транспортируемым материалом и прижимающие груз независимо от высоты его расположения в желобе грузонесущей ленты.

В результате анализа конструкций КНК сотрудниками ИГД УрО РАН разработана принципиальная схема двухконтурного крутонаклонного конвейера с движущимися прижимными элементами [3]. Особенностью конструкции является исполнение прижимных элементов в виде гофр, закрепленных на внешней (рабочей) поверхности ленты грузоудерживающего контура. Гофры выполнены из упруго-эластичного материала, обладают хорошей демпфирующей способностью и восстанавливают свою форму после исчезновения контакта с транспортируемым материалом. Максимальная высота гофр соответствует глубине желоба грузонесущей ленты, а при отсутствии горной массы на ней гофра входит в ее желоб и выполняет функцию перегордки.

Для повышения грузоудерживающего эффекта целесообразно увеличить площадь соприкосновения гофр с транспортируемым материалом. Это достигается выполаживанием поверхности горной массы в желобе грузонесущей ленты. Моделированием в лабораторных условиях был проверен способ выполаживания горной массы посредством увеличения угла наклона боковых роликов в роликоопорах

линейного става конвейера после участка загрузки. Экспериментальными исследованиями состояния груза при движении грузонесущей ленты установлено, что увеличение угла наклона боковых роликов дает положительные результаты формирования плоской (горизонтальной) поверхности крупнодробленой горной массы в желобе ленты.

Кроме увеличения поверхности соприкосновения прижимных элементов в виде гофр с транспортируемым материалом установка на линейном стае роликоопор с большим углом наклона боковых роликов повышает силу трения горной массы с грузонесущей лентой за счет эффекта глубокой желобчатости.

Конструктивные особенности КНК с движущимися прижимными элементами в виде гофр обеспечивают надежный подъем неравномерного потока горной массы за счет: совместного использования принудительного прижатия транспортируемого материала в желобе грузонесущей ленты и эффекта глубокой желобчатости; синхронного с грузонесущей лентой перемещения прижимных элементов; упруго-эластичных свойств прижимных элементов, позволяющих им выполнять дополнительно функцию подпора транспортируемого материала [4].

Основываясь на изложенных принципах надежного удержания крупнодробленой горной массы в желобе грузонесущей ленты крутонаклонного конвейера с движущимися прижимными элементами, ИГД УрО РАН:

- разработаны основные положения расчета его главных параметров;
- исследовано взаимодействие прижимных элементов (гофр) с транспортируемым материалом и установлены зависимости изменения прижимной силы от их основных параметров (высоты и толщины поперечного сечения) при различной производительности конвейеров;

- обосновано расстояние между смежными гофрами, исходя из теории устойчивости стержней, определяемое равновесием сил, скатывающих груз в направлении хвостовой части конвейера, и сил трения между горной массой и сжимающими ее поверхностями гофры и грузонесущей ленты;

- разработана экономико-математическая модель расчета параметров крутонаклонных конвейеров такого типа и затрат на транспортирование ими горной массы. Это позволило обосновать целесообразность использования конвейеров в системах ЦПТ с автомобильно-конвейерным транспортом.

Кроме того, развитие ЦПТ в значительной мере зависит от совершенствования оборудования автомобильно-конвейерного транспорта, обусловленного эксплуатацией отдельных его видов в условиях предпочтительного применения. В связи с этим, целесообразно применение модернизированного высокопроизводительного оборудования с параметрами, наиболее полно отвечающими конкретным горно-техническим условиям разработки полезных ископаемых.

Некоторого повышения эффективности можно достичь использованием конвейерного оборудования с оптимальными параметрами. Это можно проследить по данным табл. 1. При незначительной разнице в затратах на вспомогательные сооружения и горнокапитальные работы (1–8%) в варианте использования конвейеров с оптимальными параметрами имеется существенное снижение затрат на оборудование (15–30%) и себестоимости транспортирования 1 т груза (16 – 28%).

Таблица 1

Показатели конвейерных линий

| Показатель  | Карьер             |                    |                    |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | Оленегорский       | № 3 НК ГОКа        | Стойленский        |
| Производительность линии, млн т/год                                 | 14,1               | 22                 | 25                 |
| Длина линии, м  | 841                | 1080               | 1230               |
| Ширина ленты, мм  | 1600<br>1200       | 1600<br>1400       | 2000<br>1600       |
| Затраты на оборудование, %:   |                    |                    |                    |
| капитальные   | $\frac{100}{79}$   | $\frac{100}{85}$   | $\frac{100}{83}$   |
| эксплуатационные  | $\frac{100}{79,6}$ | $\frac{100}{71,8}$ | $\frac{100}{67}$   |
| Затраты на вспомогательные сооружения и горнокапитальные работы, %: |                    |                    |                    |
| капитальные   | $\frac{100}{91,7}$ | $\frac{100}{98}$   | $\frac{100}{99}$   |
| эксплуатационные  | $\frac{100}{93,7}$ | $\frac{100}{98,7}$ | $\frac{100}{93,6}$ |
| Себестоимость транспортирования 1 т, %                              | $\frac{100}{83,4}$ | $\frac{100}{78,7}$ | $\frac{100}{71,4}$ |

Более полная реализация преимуществ комбинированного транспорта невозможна при стационарности дробильно-конвейерных комплексов. Их использование в таком режиме не соответствует динамике горных работ (понижение горных работ 7 – 15 м/год) и условиям формирования технологических грузопотоков.

Мировой опыт применения циклично-поточной технологии при разработке глубокозалегающих рудных месторождений доказывает об эффективности открытых горных работ и о возможности дальнейшего применения ЦПТ при разработке на больших глубинах.

Развитие дробильно-конвейерных систем идет в двух направлениях: создание мощных передвижных дробилок с традиционными конвейерными установками и создание крутонаклонных конвейеров.

О перспективности использования полустационарных ДПУ и крутонаклонных конвейеров свидетельствуют исследования ЦПТ с автомобильно-конвейерным транспортом на Костомукшском ГОКе, проведенные ИГД УрО РАН совместно со специалистами комбината.

С учетом перспектив развития горных работ и транспортной системы карьера на основе повариантного сравнения к реализации предложено два этапа размещения комплексов: на временно нерабочем участке борта в северном торце карьера с внутрикарьерной перегруз-

кой в железнодорожный транспорт (первый этап) и стационарное размещение на конечном контуре в южном торце с выходом конвейерной линии на верхние горизонты (второй этап).

Ввод ЦПТ по второму этапу осуществляется через 11 – 12 лет после ввода в эксплуатацию первой (рудной) линии ЦПТ. На обоих этапах ввода ЦПТ намечается строительство параллельно работающих рудных и породных дробильно-конвейерных комплексов с использованием однотипного оборудования и (при необходимости) переключение грузопотоков на любой из них.

Технико-экономический анализ показал высокую эффективность применения комплексов ЦПТ с полустационарными ДПУ и крутонаклонными конвейерными подъемниками. Так, внедрение комплекса ЦПТ на первом этапе позволит сократить объем текущей вскрыши на 5 млн м<sup>3</sup>. При размещении комплекса ЦПТ на постоянном борту (второй этап) объем вскрыши в конечных контурах карьера уменьшится на 17,6 – 18 млн м<sup>3</sup> по сравнению с базовым вариантом – использованием автомобильно-железнодорожного транспорта. В целом при ЦПТ с крутонаклонным подъемом объемы горнокапитальных работ снижаются в 3 – 4,5 раза, расход дизельного топлива сокращается в 1,8 – 2,5 раза, пылевыделение и выбросы токсичных компонентов в атмосферу снижаются на 35 – 45% [5].

### Библиографический список:

1. Санакулов К.С.; Умаров Ф.Я.; Шеметов П.А. Снижение затрат в глубоких карьерах на основе применения крутонаклонного конвейера в составе комплекса ЦПТ. Горный вестник Узбекистана, 2013, №1.
2. Яковлев В.Л. Геотехнологические проблемы и особенности ведения горных работ на глубоких карьерах / Яковлев В.Л. Корнилов С.В. // Глубокие карьеры: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — №11 (специальный выпуск 56). — М: Горная книга, 2015. — С. 54-66.
3. Кармаев Г.Д., Глебов А.В., Берсенов В.А. Опыт проектирования, эксплуатации и перспективы развития циклично-поточной технологии на рудных карьерах // Горная техника. Добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых : каталог-справочник. — СПб: ООО "Славутич", — 2013. — №1 (11). — С. 66-70.
4. Кармаев Г. Д., Глебов А. Выбор горно-транспортного оборудования циклично-поточной технологии карьеров. — Екатеринбург : ИГД УрО РАН, 2012. - 296 с.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №3 (82) pp. 47-49

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF CYCLICAL-FLOW TECHNOLOGY

<sup>1</sup>Yakovlev V.L., Chief scientific officer, adviser, corresponding member, Professor, doctor of technical Sciences

<sup>1</sup>Glebov A.V., Deputy Director of mining Institute, PhD

<sup>2</sup>Kulniyaz S. S., Professor of the Department of metallurgy and mining, doctor of technical Sciences

<sup>3</sup>Norova H.Yu., Department of "Mining", doctoral student (Phd)

<sup>1</sup>Institute of mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Aktobe regional state University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

<sup>3</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

#### Abstract

The article suggests ways to improve the cycle-flow technology in the development of deep-lying ore deposits. during mining operations. One of the main directions for improving the efficiency of deep quarries is the use of cyclical-flow technology with the use of a steeply inclined conveyor in the flow link. The results of the analysis of the use of various types of steeply inclined conveyor and the prospects for the use of mobile crushing and reloading points are presented.

**Keywords:** quarry, cyclical-flow technology, automobile conveyor transport, steep-slope conveyor, mobile crushing and reloading points, adaptation, efficiency.

#### References

1. Sanakulov KS; Umarov F.Ya. ; Shemetov P.A. Reducing costs in deep open pits based on the use of a steeply inclined conveyor as part of the central heating complex. Mountain Bulletin of Uzbekistan, 2013, No. 1.
2. Yakovlev V.L. Geotechnological problems and peculiarities of mining operations in deep open pits / Yakovlev V.L. S.V. Kornilov // Deep Careers: Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). - No. 11 (special issue 56). - M: Gornaya Kniga, 2015. - pp. 54-66
3. Karmaev G.D., Glebov A.V., Bersenev V.A. Experience of design, operation and development prospects of cyclical-flow technology at ore open-pit mines // Mining technology. Extraction, transportation and processing of minerals: catalog reference. - SPB: LLC "Slavutich". - 2013. - No. 1 (11). - pp. 66-70.
4. Karmaev GD, Glebov A. The choice of mining and transport equipment of cyclical-flow technology of open pits. - Yekaterinburg: IGD UB RAS, 2012. -296 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНКАПСУЛЯЦИИ ЗОЛОТА В МАГГЕМИТЕ ПРИ МИКРОВОЛНОВОМ ОБЖИГЕ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА

Maqolada murakkab tarkibli oltin saqlovchi konsentratga mikroto'qinli ishlov berganda oltinning maggemitga kapsulyatsiyasini o'rganish bo'yicha olib borilgan izlanishlar natijalari keltirilgan. Mikroto'qinli ishlov berilgan kuyindini magnitli separatsiya qilganda oltinning magnitli fraksiyaga konsentrlanishi kuzatildi. Oltin va maggemitning korrelyatsiyasi aniqlandi, ya'ni kuyindidagi oltinning 80% qismi tarkibida 48,7% maggemit bo'lgan magnitli fraksiyaga tarkibiga o'tdi. Temir oksidlarini eritish maqsadida magnitli fraksiyaga sulfat kislotali ishlov berish jarayoni oltinning magnitli fraksiyadan ajralish darajasini 96% ga oshirish imkonini berdi.

**Tayanch iboralar:** murakkab tarkibli oltin saqlovchi konsentrat, mikroto'qinli kuydirish, oksidlash, pirit, maggemit, gematit, magnitli separatsiya, oltinning kapsulyatsiyasi.

В статье представлены результаты исследования инкапсуляции золота в маггемите при микроволновой обработке упорного золотосодержащего концентрата. Магнитная сепарация МВ огарка показала концентрирование золота в магнитную фракцию. Результаты рентгеноструктурного анализа подтвердили большое содержание маггемита в магнитной фракции. Была обнаружена явная корреляция между золотом и маггемитом так как основная часть золота переходит в магнитную фракцию где содержание маггемита 48,7%. Сернокислотное выщелачивание магнитной фракции с целью растворения окислов железа позволило повысить степень извлечения золота из магнитной фракции до 96%.

**Ключевые слова:** упорный золотосодержащий концентрат, микроволновый обжиг, окисление, пирит, маггемит, гематит, магнитная сепарация, инкапсуляция золота.

На сегодняшний день проблемы переработки упорных золотосодержащих руд стали основной темой золоторудной промышленности. Литературы [1-4] указывают на то что упорность в золотосодержащих рудах, в основном делится на физическую и химическую. При физической упорности золото капсулировано в сульфидную матрицу вследствие чего выщелачивающий раствор не может добраться до реакционной поверхности с золотом, а в химической упорности в породе может содержаться углестое вещество поглощающее растворенное золото, и породные примеси способные реагировать с цианидом доступным для растворения золота или некоторые промежуточные соединения, такие как двухвалентное железо, сульфид-ион, тиосульфаты и арсениды, которые потребляют кислород, который нужен для растворения золота в цианиде, кроме того, эти виды упорности имеют тенденцию к повторному осаждению уже окисленного золота [5].

Такие руды требуют предварительной обработки, чтобы разрушить матрицу сульфидов и окислить или пассивировать углеродистое вещество перед выщелачиванием. Методы предварительной обработки включают обжиг, хлорирование, автоклавная обработка и биоокисление.

В нашей предыдущей работе [6] был исследован способ микроволнового обжига для обработки упорного золотосодержащего концентрата ГМЗ-3 НГМК. Результаты показали увеличение в степени извлечения золота от 29,8 до 74,5%. В целом, извлечение золота на уровне около 75%, как правило, не является отличным результатом для операции с золотом, поэтому исследование того как остаточные 25% инкапсулируются в минералах, представляет особый интерес и заслуживает изучения.

По идеи при обжиге флотоконцентрата реакция окисления должна протекать превращением пирита в магнетит и затем в гематит [7, 8]. Однако на самом деле, промежуточный оксид железа маггемит образуется в процессе окисления магнетита в гематит [7-11]. Дуглас и Семенина [9] утверждали, что маггемит является основным носителем как и свободного, так и мелкодисперсного золота при обжиге флотоконцентрата. По этой причине нами была поставлена цель - определить, насколько золото капсулировано в маггемите при микроволновом обжиге флотоконцентрата.

Наблюдалось, что при окислительном обжиге флотоконцентрата образуются магнитные фазы (в основном, маггемит), которые имеют значительно меньшую пористость, что приводит к инкапсуляции золота. Эти фазы можно эффективно извлечь в виде магнитной фракции. В табл.1 представлены результаты полуколичественного рентгеноструктурного анализа МВ огарка. Как видно из таблицы самое большое содержание среди окислов железа имеет маггемит (12,6%).

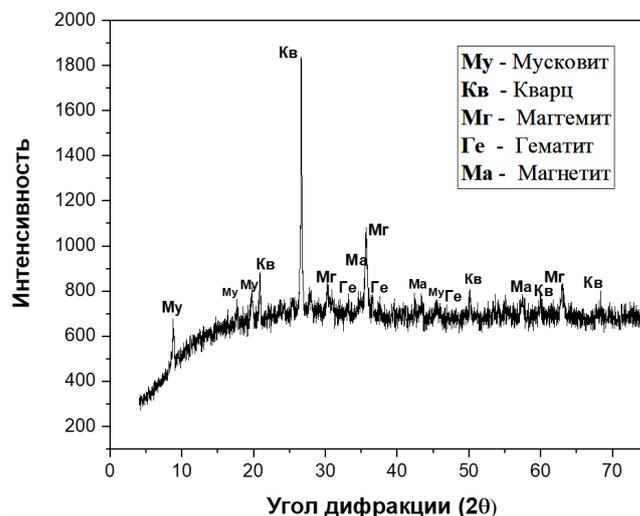


Рис. 1. Дифрактограмма МВ обработанного флотоконцентрата

На рис. 1. представлена дифрактограмма МВ обработанного флотоконцентрата. Показано, что основные оксиды железа после МВ обжига проявляются в виде магнетита, маггемита и гематита. Нерудные минералы в основном представлены мусковитом, кварцем и анортитом.

Для уточнения подтверждения, является ли маггемит основным носителем трудноизвлекаемого золота, была проведена магнитная сепарация МВ огарка после сорбционного цианирования.

Результаты полуколичественного рентгеноструктурного анализа МВ обожженного флотоконцентрата

| Наименование минерала | Мусковит | Кварц | Маггемит | Гематит | Магнетит | Анортит | Эпидот | Хлорит |
|-----------------------|----------|-------|----------|---------|----------|---------|--------|--------|
| Содержание, %         | 34,2     | 26,5  | 12,6     | 3,57    | 4,36     | 12,2    | 3,66   | 2,5    |

Таблица 1

**Санакулов К.**,  
генеральный директор  
ГП «Навоийский горно-  
металлургический  
комбинат»,  
д.т.н., профессор



**Фузайлов О.У.**,  
докторант кафедры  
«Металлургия» НГГИ



Таблица 2

Результаты магнитной сепарации МВ огарка после сорбционного цианирования

| № | Наименование продукта   | E% Au | γ    | Fe%  | Ss%   | Собщ% | Собщ% | Сорг % | As%  |
|---|-------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|
| 1 | МВ огарок после сорбции | 100   | 100  | 22,8 | 0,2   | 0,5   | 1,3   | 0,8    | 0,64 |
| 2 | Магнитная фракция       | 70,05 | 38,6 | 50,9 | < 0,2 | 0,2   | 0,22  | 0,54   | 0,46 |
| 3 | Немагнитная фракция     | 29,95 | 61,4 | 4,9  | 0,2   | 0,37  | 1,66  | 1,3    | 0,72 |

Магнитную сепарацию проводили на постоянном магнитном поле с магнитной индукцией 0,4 Тесла. Взяли две пробы МВ огарка до и после сорбционного цианирования по 40 гр, смешивали с 80 мл водой и прогоняли через постоянное магнитное поле с получением двух продуктов: магнитную и немагнитную фракцию. К полученной магнитной фракции добавляли 40 мл воды и снова подвергали магнитной сепарации. Этот цикл повторяли 5 раз для получения более богатого железом концентрата. В результате магнитной сепарации были получены 2 пробы магнитной и 2 пробы немагнитной фракции. Все пробы подвергались химическому и рентгенофазному анализу для определения качества полученных концентратов.

С целью высвобождения золота ассоциированное оксидами железа проводили сернокислотное выщелачивание железа, после чего осадок подвергался сорбционному цианированию. Сернокислотное выщелачивание проводили с содержанием серной кислоты 200 г/л при Т:Ж = 1:5; Т=80–85°C, в течение 90 минут. Фильтрат подвергался анализу ионов железа и примесей.

В табл. 2. представлены результаты магнитной сепарации. Показано, что извлечение золота в магнитную фракцию составляет ~70%, при содержании: Fe-50,9%; Ss-0,2%; Сорг -0,54%; As -0,46%. По результатам анализа видно, что корреляция между золотом и углеродом, или между золотом и мышьяком не имеется, так как основная часть этих элементов перешла на немагнитную фракцию, когда большая часть золота переходит в магнитную фракцию.

Как показывает дифрактограмма магнитной фракции (рис. 2.) основными фазами являются фазы магнетита, также имеются пики слабой интенсивности фаз кварца, гематита и гематита. В табл. 3. представлены результаты полуколичественного рентгеноструктурного анализа. Как видно из таблицы содержание оксидов железа в магнитной фракции увеличилось в 4 раза, а содержание кварца уменьшалось на 11%.

Таблица 3

Результаты полуколичественного рентгеноструктурного анализа магнитной фракции МВ обожженного флотоконцентрата

| Наименование минерала | Кварц | Магнетит | Гематит | Магнетит |
|-----------------------|-------|----------|---------|----------|
| Содержание, %         | 15,7  | 48,7     | 16,1    | 19,5     |

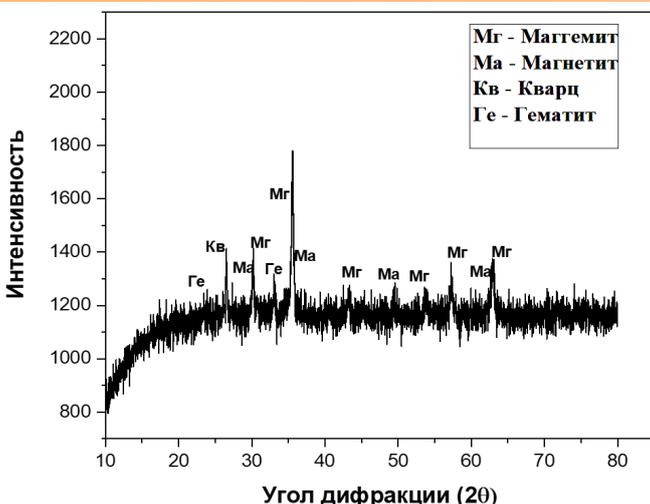


Рис. 2. Дифрактограмма магнитной фракции МВ обработанного флотоконцентрата

На рис. 3. представлена дифрактограмма немагнитной фракции МВ обожженного флотоконцентрата. Как видно из рисунка, пики оксидов железа не наблюдаются, что свидетельствует, об их полном переходе в магнитную фракцию не учитывая очень маленького количества гематита, который не проявляет магнитные свойства. В табл. 4. представлен полуколичественный минералогический состав немагнитной фракции. Показано, что основными минералами являются мусковит (40,9%), кварц (30%) и анортит (14,92%).

Магнитная сепарация МВ огарка до сорбции показала 80% извлечение золота в магнитную фракцию при выходе магнитной фракции 40%.

С целью высвобождения золота, ассоциированное с оксидами железа, было проведено сернокислотное выщелачивание оксидов железа из магнитной фракции с последующим сорбционным цианированием кека. Немагнитная фракция также подвергалась сорбционному цианированию.

Результаты показали, что при сорбционном цианировании кека, после сернокислотного выщелачивания магнитной фракции, степень извлечения золота составила ~ 96%. Степень извлечения золота из немагнитной фракции составила ~ 65%.

Таким образом, рентгеноструктурные анализы показали наличие в огарке значительного количества магнетита, в котором может быть ассоциировано существенное количество золота. Магнетит имеет непористую структуру, что препятствует выщелачиванию золота. Проведенная магнитная сепарация МВ огарка после сорбционного цианирования подтвердила, что магнетит является основным носителем трудноизвлекаемого золота. Полученные результаты показали, что извлечение золота в магнитную фракцию составляет 75–80%, при содержании: Fe-50,9%; Ss-0,2%; Сорг -0,54%; As -0,46%. Была обнаружена явная корреляция между золотом и магнетитом так как основная часть золота переходит в магнитную фракцию где содержание магнетита 48,7%.

Сернокислотное выщелачивание магнитной фракции с целью растворения оксидов железа позволило повысить степень извлечения золота из магнитной фракции на 20%, что является еще одним доказательством того, что большая часть трудноизвлекаемого золота ассоциировано с магнетитом.

Таблица 4

Результаты полуколичественного рентгеноструктурного анализа не магнитной фракции МВ обожженного флотоконцентрата

| Наименование минерала | Мусковит | Кварц | Гематит | Анортит | Эпидот | Хлорит |
|-----------------------|----------|-------|---------|---------|--------|--------|
| Содержание, %         | 40,9     | 30    | 1,23    | 14,92   | 3,47   | 2,35   |

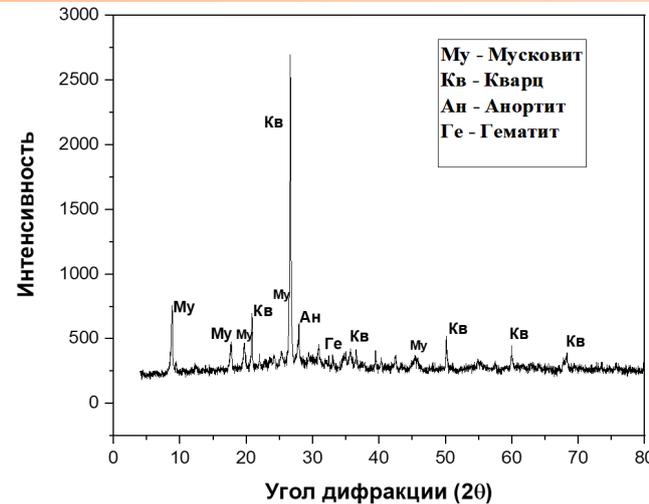


Рис. 3. Дифрактограмма немагнитной фракции МВ обработанного флотоконцентрата

## STUDY OF GOLD ENCAPSULATION IN MAGHEMITE DURING MICROWAVE ROASTING OF FLOTATION CONCENTRATE

<sup>1</sup>Sanakulov K., General Director, Professor, Doctor of Technical Sciences, info@ngmk.uz

<sup>2</sup>Fuzaylov O.U., PhD student of the department "Metallurgy"

<sup>1</sup>Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

<sup>2</sup>Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

### Abstract:

The article presents the results of a study of the encapsulation of gold in maghemite during microwave processing of refractory gold-bearing concentrate. The magnetic separation of the MW calcine showed the concentration of gold in the magnetic fraction. The results of XRD analysis confirmed the high content of maghemite in the magnetic fraction. An obvious correlation was found between gold and maghemite, since most of the gold recovered in the magnetic fraction where the maghemite content is 48.7%. Sulfuric acid leaching of the magnetic fraction in order to dissolve iron oxides made it possible to increase the rate of gold recovery from the magnetic fraction to 96%.

**Keywords:** refractory gold ore, flotation concentrate, microwave roasting, sulfide minerals, carbon removal, microwave power, pyrite, arsenopyrite, organic carbon, oxidizing.

### References

1. Marsden J., House I., The Chemistry of Gold Extraction. - New York, Spring, 1992. -- pp. 40–178.
2. Vaughan J.P. The process mineralogy of gold: The classification of ore types // Journal of Metals. - 2004. – no 56 (3). - pp. 46–48.
3. Saba M, Mohammadyousefi A, Rashchia, Moghaddam J. Diagnostic pre-treatment procedure for simultaneous cyanide leaching of gold and silver from a refractory gold/silver ore // [J]. Minerals Engineering. - 2011 -no 24(15) - pp 1703–1709
4. Nanthakumar B., Pickles C. A., Kelebek S. Microwave pretreatment of a double refractory gold ore // [J]. Minerals Engineering. – 2007. – no 20(11) – pp. 1109–1119.
5. Diaz-Ojeda, Carranza, F., Romero R. Recuperacion de oro y plata a partir de cenizas de pirita. Tratamientos previos y cianuracion en doble etapa. // Rev. Metal. – 1988. – no 24(6). – pp. 391.
6. Sanakulov K.S., Fuzailov O.U., Kenbaeva Zh.A. Microwave processing of sulfide gold-bearing concentrates // Gorniy Vestnik of Uzbekistan. - 2020 - no 1 - pp. 53-56
7. Paper C., Aylmore M. G. Conditions and Design Considerations for Maximising Recoverable Gold in Roasting of Refractory Gold Ores // World Gold Conference, Brisbane, Qld - 26 - 29 September 2013.
8. Paktunc D., Kingston D., Pratt A., McMullen J. Distribution of Gold in Pyrite and in Products of its Transformation Resulting from Roasting of Refractory Gold Ore // The Canadian Mineralogist. - vol. 44, no. 1. – 2006. - pp. 213–227.
9. Douglas W., Semenyna L. Magnetic Recovery of Gold-Bearing Iron Oxides at Barrick Goldstrike's Roaster // World Gold Conference, Brisbane, Qld. - 26 - 29 September 2013. - pp. 79-85.
10. Hochella M. F., Bakken B. M., Marshall A. F. Transmission Electron Microscopy (Tem) of Partially Oxidized Gold Ore. // Carlin Mine, Nevada. - pp. 154–155.
11. Thomas K. G., Cole A. P. Roasting Developments - Especially Oxygenated Roasting // Developments in Mineral Processing. - vol. 15, no. 05, 2005, pp. 403–432.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ



Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
"Навийский машиностроительный завод"

www.ngmk.uz

Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5

Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23

Факс: (+99879) 223-48-78

E-mail: infonmz@ngmk.uz



## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СИЛУМИНА АК12М2



**Осими Окил,**  
зав. кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых» Горно-металлургического института Таджикистана, к.т.н., и.о.доцента



**Ганиев И.Н.,**  
зав. лаб. «Коррозионностойкие материалы» Института химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан, д.х.м. академик, профессор



**Назаров Х.М.,**  
директор Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, д.т.н., профессор

*Maqolada AK12M2 markali siluminning termodinamik funksiyalarini o'rganish natijalari keltirilgan. Tajriba davomida olingan sovutish vaqtining haroratga bog'liqligi qotishmalarning sovutish tezligini hisoblash uchun zarur bo'lgan tenglamalar bilan tavsiflanadi. Harorat ko'tarilishi bilan AK12M2 qotishmasining entropiya, entalpiya, issiqlik sig'imi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti oshishi, Gibbs energiyasining esa pasayishi ko'rsatilgan.*

**Tayanch iboralar:** silumin, qotishma, issiqlik sig'imi, issiqlik uzatish.

*В статье приведены результаты изучения термодинамических функций силумина марки АК12М2. Полученная в ходе эксперимента зависимость температуры от времени охлаждения описывается уравнениями, которые необходимы для расчета скорости охлаждения сплавов. Показано, что при увеличении температуры повышается энтропия, энтальпия, удельная теплоёмкость и коэффициент теплоотдачи сплава АК12М2, а энергия Гиббса снижается.*

**Ключевые слова:** силумин, сплав, теплоёмкость, теплоотдача.

В работах [1, 2] исследованы теплофизические свойства силумина марки АК12. С повышением температуры, удельная теплоёмкость, энтальпия и энтропия силумина АК12 возрастает. Получены уравнения температурной зависимости термодинамических функций  $H(T)$ ,  $S(T)$  и  $G(T)$  силумина АК12, которые имеют точность  $R_{\text{корр}} = 0,999$ .

Целью настоящей работы является изучение термодинамических функций силумина марки АК12М2.

Для проведения исследовательских работ, в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ, был получен сплав АК12М2 в интервале температур 1023–1123K в корундовых тиглях с использованием алюминия – марки А5 (ГОСТ 110669-01), кристаллического кремния (ГОСТ 25347-82) и меди – марки М00 99,99% (ГОСТ 3778-98). Шихтовка сплавов проводилась с учётом угара металлов. Состав полученных образцов контролировался спектральным методом, химическим анализом, а также взвешиванием образцов до и после плавления.

Из расплавленного силумина отливались стержни диаметром 16 мм и длиной 30 мм. Исследование теплофизических свойств силумина АК12М2 были проведены по методике, приведенной в работе [3], в интервале температур 293-873K.

Обработка полученных данных проведены с помощью программы MS-Excel. Кривая температурной зависимости (T) охлаждения образца

от времени ( $\tau$ ):  $T = f(\tau)$ , строилась с помощью программы Sigma-Plot.

Полученные в ходе эксперимента зависимости температуры пробы от времени охлаждения для силумина АК12М2 описываются уравнением вида:

$$T^{AK12M2} = 242.14 + 492.1 \exp(-3.95 \cdot 10^{-3} \tau) + 134.22 \exp(-6.29 \cdot 10^{-4} \tau) \quad (1)$$

При дифференциации уравнения (1) по  $\tau$ , для скорости охлаждения силумина АК12М2 имеет вид:

$$\frac{dT}{d\tau} = -\left(\frac{T_1 - T_0}{\tau_1}\right) e^{-\tau/\tau_1} + \left(\frac{T_2 - T_0}{\tau_2}\right) e^{-\tau/\tau_2} \quad (2)$$

Из уравнения (2) найдена кинетика охлаждения силумина АК12М2, которая показана в графическом виде на рис.1.

С использованием расчётных данных по теплоемкости силумина марки АК12М2 и полученных опытных данных кинетики охлаждения, рассчитан коэффициент теплоотдачи  $\alpha(T)$  ( $Вт/К \cdot м^2$ ) для силумина АК12М2 по формуле:

$$\alpha = \frac{C_m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S} \quad (3)$$

где:  $T$  и  $T_0$  – температура образца и окружающей среды,  $S$  и  $m$  – площадь поверхности и масса образца, соответственно.

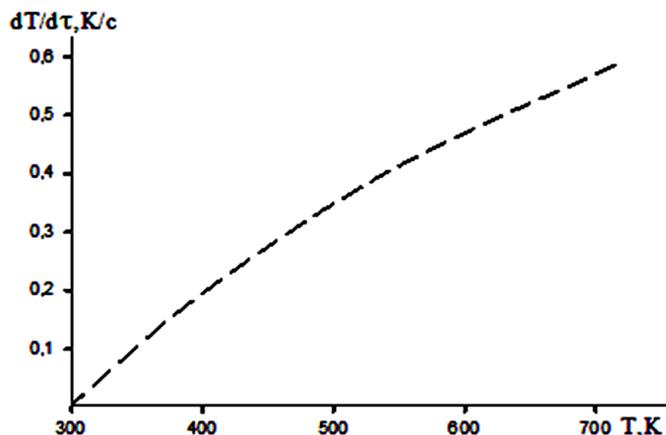


Рис. 1. Температурная зависимость кинетики охлаждения силумина АК12М2

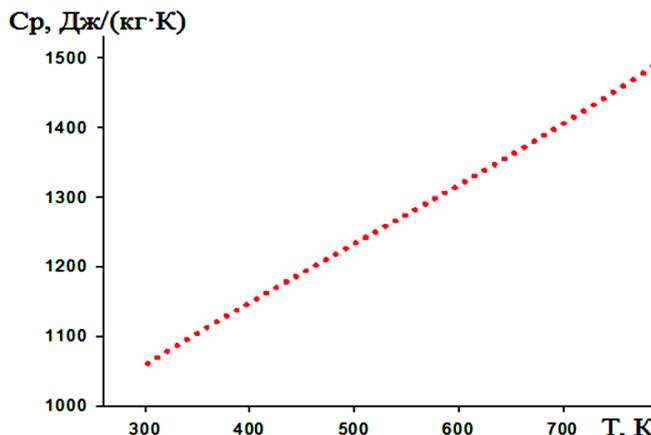


Рис. 2. Температурная зависимость по удельной теплоемкости силумина АК12М2

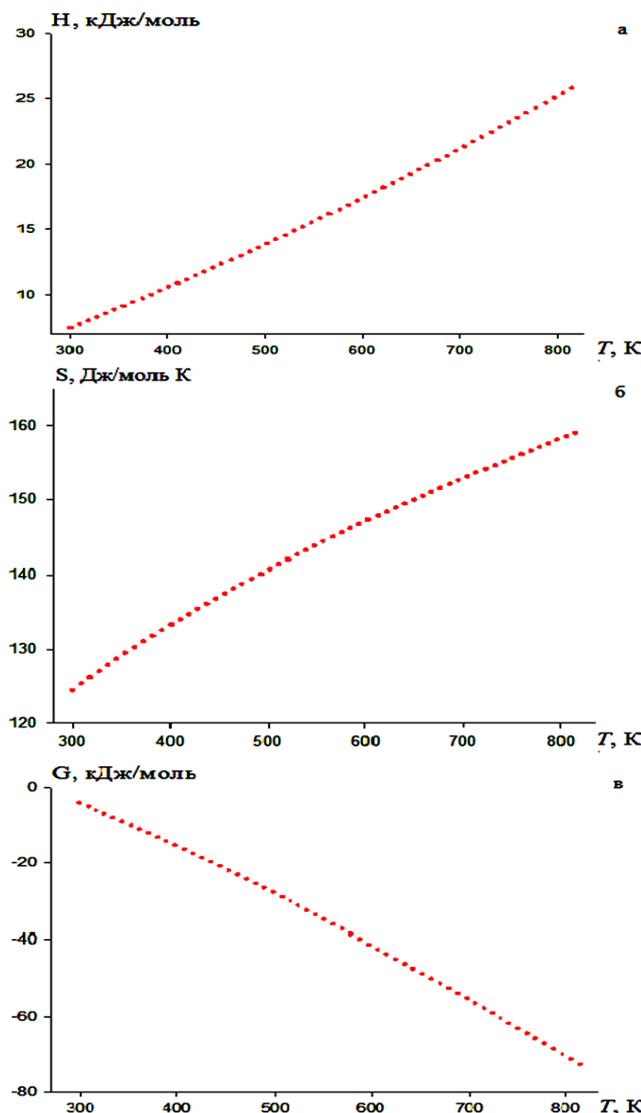


Рис. 3. Температурная зависимость энтальпии (а); энтропии (б) и энергии Гиббса (в) для силумина АК12М2

Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи для силумина АК12М2 имеет вид:

$$|\alpha(T)| = -28.182 + 0.2345T - 2.3451 \cdot 10^{-4} T^2 + 1.2444 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (4)$$

Установленная температурная зависимость по удельной теплоемкости силумина АК12М2 приведена на рис.2.

В результате эксперимента температурной зависимости удельной теплоемкости силумина АК12М2 при 300 – 800К получено уравнение:

$$C_p = 722.7340 + 1.3792T - 1.0663 \cdot 10^{-3} T^2 + 6.9939 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (5)$$

При вычислении температурной зависимости энергии Гиббса, энтропии и энтальпии были применены интегралы от молярной теплоемкости (Дж/моль·К):

$$C_p = 20,0064 + 0.0384T - 2.9696 \cdot 10^{-5} T^2 + 1.9478 \cdot 10^{-8} T^3 \quad (6)$$

$$H(T) = H(0) + \int_{300}^{800} C_p(T) dT \quad S(T) = \int_{300}^{800} C_p(T) d \ln T \quad (7)$$

$$G(T) = H(T) - TS(T).$$

На рис.3 представлены графически полученные для силумина АК12М2 следующие уравнения:

$$H(T) = H(0) + 20,0064T + 0.01925T^2 - 9,8986 \cdot 10^{-6} T^3 + 4,8695 \cdot 10^{-9} T^4 \quad (8)$$

$$S(T) = 20,0064 \ln T + 0.0384T - 1.4848 \cdot 10^{-5} T^2 + 6,4992 \cdot 10^{-9} T^3 \quad (9)$$

$$G(T) = -20,0064T(\ln T - 1) - 0.0192T^2 + 4,9494 \cdot 10^{-6} T^3 - 1.6297 \cdot 10^{-9} T^4 \quad (10)$$

С повышением температуры образца, теплоёмкость, теплосодержание и энтропия силумина АК12М2 возрастает, а энергия Гиббса снижается.

В результате исследования, получены уравнения зависимости термодинамических функций от температуры силумина АК12М2, которые определяется с точностью  $R_{\text{корр}} = 0,999$ .

#### Библиографический список:

- Осими, Окил. Теплофизические свойства сплава АК12. / Осими Окил, И.Н.Ганиев, Х.М.Назаров, Н.Ф.Иброхимов // Материалы научно-практической конференции «Конституция – источник устойчивого развития». – Чкаловск. 2014. С.34-38
- Низомов, З. Температурная зависимость термодинамических функций для сплавов АК1 и АК12 / З.Низомов, Б.Гулов, Р.Х.Саидов, Дж.Г.Шарипов, Осими Окил // Материалы Международной конференции «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред». – Душанбе, 2011. С.188-191
- Муллоева, Н.М. Теплофизические и термодинамические свойства сплавов свинца с ЦЗМ. / Н.М.Муллоева, И.Н.Ганиев, Х.А.Махмадуллоев – Германия LAPLAMBERT Academic Publishing. 2013. 66 с.

#### STUDY OF GOLD ENCAPSULATION IN MAGHEMITE DURING MICROWAVE ROASTING OF FLOTATION CONCENTRATE

<sup>1</sup>Nazarov H.M., Director of the Branch of the Agency for Nuclear and Radiation Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Doctor of Technical Sciences, Professor, holmurod18@mail.ru

<sup>2</sup>Ganiev I.N., Head of the laboratory "Corrosion-resistant materials", Doctor of Chemical Sciences academician, Professor

<sup>3</sup>Osimi Okil, Head Department of "Development of mineral deposits" of the Mining and Metallurgical Institute, Ph.D., osimiokil@mail.ru

<sup>1</sup>Branch of the Agency for Nuclear and Radiation Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Buston, Tajikistan

<sup>2</sup>Institute of Chemistry. V. I. Nikitina, Buston, Tajikistan

<sup>3</sup>Mining and Metallurgical Institute, Buston, Tajikistan

#### Abstract:

The article presents the results of studying the thermodynamic functions of silumin grade AK12M2. The temperature and cooling time dependences obtained during the experiment are described by the equations that are necessary for calculating the cooling rate of alloys. It is shown that as enthalpy increases, enthalpy, entropy, specific heat and heat transfer coefficient of alloy AK12M2 increase, and Gibbs energy decreases.

**Keywords:** silumin, alloy, heat capacity, heat transfer.

#### References

- Oshimi, Okil. Thermophysical properties of the AK12 alloy. / Osimi Okil, IN Ganiev, Kh.M. Nazarov, NF Ibrokhimov // Materials of the scientific-practical conference "The Constitution is a source of sustainable development". - Chkalovsk. 2014. pp.34-38
- Nizomov, Z. Temperature dependence of thermodynamic functions for alloys AK1 and AK12 / Z. Nizomov, B. Gulov, R.Kh. Saidov, Dzh.G.Sharipov, Osimi Okil // Proceedings of the International Conference "Modern Issues of Molecular Spectroscopy of Condensed Matter". – Dushanbe, 2011. pp.188-191
- Mulloeva, N.M. Thermophysical and thermodynamic properties of lead alloys with alkali-earth metals. / N. M. Mulloeva, I. N. Ganiev, H. A. Makhmadulloev - Germany LAPLAMBERT Academic Publishing. 2013. 66 p.

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОГРОХОЧЕНИЯ ИНЕРТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ushbu maqola elektr energiyasiz siqilgan havoda ishlash uchun uyg'onadigan bahor tebranish ekranlarining yangi texnologiyasini yaratishni ko'zda tutadi. Vibrogrochit yo'llarni ta'mirlash va qurishda inert materiallarni uyg'otadi, bundan tashqari ko'mir sanoatida burchaklarni tasniflash uchun uyg'onadi. Qurilma biroz shovqinli, atrof-muhit tozaligini ta'minlaydi va kafolatlaydi.*

**Tayanch iboralar:** tebranish qo'zg'atuvchisi, siqilgan havo, atrof-muhitning ifloslanishi, chang, tebranuvchi ekran, elak, elak, tebranish, sifat, chastota, tebranish kuchi.

*В этой статье представлены материалы создания новой технологии пружинных виброгрохотов, которые работают на сжатом воздухе без электрической энергии. Пружинные виброгрохоты просеивают инертные материалы, которые необходимы для проведения ремонта и укладки автомобильных дорог, а также для сортировки угля в угольной промышленности. Рассматривается работа виброгрохота, которая гарантирует экологическую чистоту.*

**Ключевые слова:** источник колебания, сжатый воздух, загрязнение окружающей среды, пыль, сито, вибрация, качество, частота, сила колебания.

**Тоиров М.Ш.,**  
старший преподаватель  
кафедры «Технология  
машиностроения»  
НГГИ



**Аскарходжаев Т.И.,**  
профессор Ташкентского  
автомобильно-дорожного  
института, д.т.н.



**Мардонов Б.Т.,**  
проректор НГГИ,  
д.т.н., профессор



В производстве необходимо такое оборудование, которое будет надёжно в конструкции и безопасно по выпуску продукции, и в то же время экономически эффективно в плане расхода энергии. Для достижения экономии электроэнергии необходимо изменить структуру работы на всех сталеплавильных, горных, дорожных и строительных производствах с применением сжатого воздуха. Во всем мире наблюдается бурное развитие дорожно - строительных, сталеплавильных, горнодобывающих отраслей, но основной проблемой все так же остается зависимость некоторых процессов от электроснабжения.

Особенно тяжело провести электричество на новые карьеры, что создает большие трудности, которые требуют дополнительных денежных расходов, такие расходы приводят к экономическим потерям предприятий. Для экономии электроэнергии в дорожно-строительных, сталеплавильных, горнодобывающих производствах, необходимо применять виброгрохоты качающиеся на сжатом воздухе.

Виброгрохот экономично просеивает песчаные камни для изготовления битумных смесей предназначенных для укладки автомобильных дорог, а также облегчает труд людей при ремонте автодорог, именно при просеивании обломков асфальтных кусков. Например, для добычи угля на угольном производстве, если применять виброгрохоты качающиеся на сжатом воздухе, это даёт высокий экономический показатель, так как при добыче угля уголь просеивается, при просеивании мелкозернистые угли направляются по транспортерным лентам на брикетирование.

Виброгрохот можно использовать, как стационарный, так и мобильный, при необходимости можно установить его в любой точке карьера с передвижным компрессором Пр-10 или ВВП 6/7 в комплекте (рис.1).

Принцип работы виброгрохота основан на вращении лопастей 2,3, ротора 1, показанных на рис.2, с применением сжатого воздуха от передвижного или стационарного компрессора с давлением от 0,5 - 0,7 МПа [1,2].

При поступлении сжатого воздуха на горизонтально установленный вибровозбудитель 6 указанный на рис. 4, начинается вращение лопастей ротора 2, закрепленного болтовым соединением, с прикрепленным грузом на лопасть 3, для создания качения за счет центробежной силы. Вал 1 закрепленный на роликовых упорно-конических под-



**Рис. 1. Дизельный компрессор ВВП 6/7**

шипниках обеспечивает вращение лопастей, крышка 4 держит ротор в центре, сжатый воздух с нагнетанием 0,5 - 0,8 МПа прямо поступает по шлангу в штуцер 5. По штуцеру 5, сжатый воздух поступает в камеру вибровозбудителя 6 [4,8].

Когда сжатый воздух поступает в камеру 6, в корпусе виброгрохота образуется горизонтально круговое колебание до 1494 об/мин и одновременно образуется вертикальное колебание за счет установки вибровозбудителя - 6 под углом 3 градуса.

Современный компрессор ВВП 6/7 с двигателем внутреннего сгорания работает на дизельном топливе. Расход дизтоплива составляет 16,5 л/час, что при рыночной стоимости составляет 95,52\$, для сравнения с расходом электроэнергии возможно подсчитать производительность и стоимость продукции виброгрохота, где наблюдается заметная экономия расхода электроэнергии [1,2].

На сегодняшний день сталеплавильное производство в Республике Узбекистан построено по проекту 70-80 годов прошлого века. Сравнимая сжатый воздух с электроэнергией, сжатый воздух заметно дешевле стоимости электроэнергии.



Рис. 2. Детали вибровозбудителя



Рис. 4. Установка сита на виброгрохот

Суточная производительность вибросита

Таблица 1

| № пп | Диаметр отверстий, мм | Площадь сита, м <sup>2</sup> | Производительность т/сутки |
|------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1    | 5                     | 0,5                          | 17,28                      |
| 2    | 10                    | 0,5                          | 25,92                      |
| 3    | 20                    | 0,5                          | 34,56                      |

В сталеплавильных цехах формовочный песок, после выгрузки с вагона, для просеивания направляется по транспортеру на виброгрохот, который качается при помощи электродвигателя с уменьшением оборотов через редуктор. Вместо этого электродвигателя можно установить пневматический вибровозбудитель, который также будет выполнять данную работу [3, 6].

В Республике Узбекистан стоимость 1 кВт электроэнергии на производстве - 0,47 \$, стоимость сжатого воздуха - 1 м<sup>3</sup>/мин - 0,042 \$. Исходя из этих разниц, можно заметить, что в производстве оборудование работающее на сжатом воздухе дешевле и безопаснее, чем электровиброгрохот.

На сегодняшний день на Навоийском машиностроительном заводе (НМЗ), в литейном комплексе, сырьё (формовочный песок) привозится железнодорожными вагонами, выгружается через специальную воронку и транспортируется транспортерными лентами. После попадания формовочного песка на транспортерную ленту, он отправляется на электровиброгрохот для просеивания, принцип работы которого заключен в возвратно-поступательном движении.

Для образования возвратно-поступательного движения используется электродвигатель 3,5 кВт и трехступенчатый редуктор с колечатыми шатунами. Нам известно, что от перегрузки происходит



Рис. 3. Общий вид виброгрохота

нагрев электродвигателя и износ деталей редуктора [4]. Если заменить эти позиции виброгрохотом, который работает на сжатом воздухе, он будет работать круглосуточно, без нагрева и без износа. Если применить этот виброгрохот на литейном производстве, то тогда не потребуется использовать электродвигатель с редуктором, это позволит сэкономить на запасных частях и электроэнергии. Для применения на производстве такой технологии, необходимо внедрить использование сжатого воздуха с давлением не менее от 0,5 до 0,8 МПа с объемом не более 1,5 м<sup>3</sup>/мин [1, 2].

Чтобы внедрить данное оборудование на НМЗ в наличии имеются компрессорные установки для выработки сжатого воздуха с нагнетательным давлением 8-10 кг/см<sup>2</sup>. В компрессорном цехе установлены компрессора и на них установлены электродвигатели с мощностью 630 кВт/час. Данные компрессоры расходуют 90 кВт/час электроэнергии для выработки 1000 м<sup>3</sup>/мин сжатого воздуха.

Если рассчитать потребность сжатого воздуха для виброгрохота, то его потребность составит 1,5 м<sup>3</sup> в минуту.

#### Расчёт на сжатие воздуха

Стоимость 1 м<sup>3</sup> сжатого воздуха - 450,00 сум

Стоимость 1000 м<sup>3</sup> сжатого воздуха - 40,50 сум

1000 м<sup>3</sup>/час ÷ 90 кВт/час = потребление электроэнергии 1,5 кВт/мин за 11,11 м<sup>3</sup>/мин

1 м<sup>3</sup>/мин · 11,11 · 40,50 сум = 449,95 сум

Потребность сжатого воздуха на вибросито - 1,5 м<sup>3</sup>/мин

Стоимость 1,5 м<sup>3</sup> сжатого воздуха - 675,00 сум

1,5 м<sup>3</sup> · 60 мин = 90 м<sup>3</sup>/час;

90 м<sup>3</sup> · 40,50 сум = 3645,00 сум/час

#### Расчёт электроэнергии

90 кВт · 450 = 40,500 сум/час

90 кВт ÷ 60 мин = 1,5 кВт/мин

1,5 кВт/мин · 450 = 675,00 сум

#### Расчёт расхода воздуха

Формула (ы):

$$Q_a = 60 \pi \cdot v \cdot \left(\frac{d^2}{2}\right),$$

где:  $d^2$  - внутренний диаметр трубопровода (м),

$\pi$  - скорость воздуха (м/с),

$Q_a$  - расход воздуха (текущий) (м<sup>3</sup>/мин).

#### Расчет скорости воздуха

Формула (ы):

$$v = \frac{Q_a}{60 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)},$$

где:  $d$  - внутренний диаметр трубопровода (м),

$Q_a$  - расход воздуха (текущий) (м<sup>3</sup>/мин),

$v$  - скорость воздуха (м/с).

Автор книги: В.Н. Хаджиков "Горная механика".

Для применения виброгрохота, работающего на сжатом воздухе, в дорожно-строительной отрасли рекомендуются стационарные или передвижные виброгрохоты. Стационарный виброгрохот выгодно применять там, где ведется первичное дробление и классификация на крупных карьерах, а передвижные виброгрохоты выгодно использовать на мелкомасштабных карьерах, при ремонтных работах автомобильных дорог, где невозможно подвести электроэнергию.

Рабочий орган виброгрохота, показан на рисунке 4 - загрузочная камера 7, выгрузочная камера 8, пружины 10, которые необходимы для обеспечения колебания виброгрохота, стальной корпус 9 обеспечивающий герметичность от выброса пыли, выпускное отверстие 11 для не просеиваемой фракции, просеивающее сито 12 [5,7].

Также работают компрессоры ЗИФ-ШВ-5 с производящим объемом сжатого воздуха на ресивере не более  $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ , с нагнетательным давлением от 0,5 до 0,8 МПа. Теоретическая производительность сжатого воздуха винтового компрессора ЗИФ-ШВ-5 определяется по следующей формуле ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ):

$$V_{\text{мин}} = a_n \cdot l_{\text{зн}} \cdot (F_1 + F_2),$$

где:  $a_n$  - коэффициент подачи, равный 0,85 – 0,95,

$l$  - длина винтового канала, м,

$zn$  - соответственно число каналов и частота вращения ведущего ротора,

$F_1; F_2$  - площади поперечного сечения винтовых каналов соответственно ведущего и ведомого роторов,  $\text{м}^2$ ,

$V_{\text{мин}}$  - объем сжатого воздуха.

В связи с увеличением за последние годы в горной промышленности потребления сжатого воздуха большое применение получают центробежные компрессоры (турбокомпрессоры), имеющие большую производительность, нежели объемные машины.

Применение турбокомпрессоров считается рациональным при расчетной производительности пневматической установки более 250—500  $\text{м}^3/\text{мин}$ . Производительность турбокомпрессоров, используемых на рудничных пневматических установках, составляет от 125 до 500  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Для компрессоров мощностью до 100 кВт применяются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутыми роторами, при большей мощности – синхронные двигатели. В процессе пуска поршневых компрессоров двигатель преодолевает: трение поршневых колец и штока, трение в подшипниках компрессора, гидравлические сопротивления, зависящие от способа регулирования, сопротивления, обусловленные силами инерции движущихся частей установки.

Для много объемных больших карьеров по теории планируются стационарные компрессоры 6ВКМ – 25/8 МПа, мощность компрессора (кВт) при известной удельной энергоёмкости сжатия воздуха определяется по формуле:

$$N_r = \frac{E_{\text{уд}}}{60 \cdot 10^3 \eta_{\text{м}}},$$

где:  $\eta_{\text{м}}$  - механический КПД компрессора, учитывающий потерю энергии на трение в поршневой группе.

$E_{\text{уд}}$  - измеряется в Па,

$Q$  — в  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Теоретическая мощность (кВт) компрессора при известной удельной энергоёмкости сжатия определяется следующим образом:

$$N_r = \frac{E_{\text{г.уд}} Q_{\text{т}}}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_{\text{м}}},$$

где:  $Q_{\text{т}}$  - теоретическая производительность компрессора,  $\text{м}^3/\text{мин}$ . Теоретическая производительность,  $Q_{\text{т}}$  - ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ), измеряемая объемом сжимаемого атмосферного воздуха, однозначно определяется через объем рабочих камер  $V_p$  и число двойных ходов поршня (частоту вращения коленчатого вала), для поршневого компрессора с цилиндрами простого действия:

$$Q_{\text{т}} = V_p n = \frac{\pi}{4} D^2 sn.$$

Радиально-поршневые пневмомоторы имеют несколько типоразмеров, обеспечивая частоту вращения в минуту 12,5 – 25 оборотов.

При мощности от 3 до 25 кВт электроэнергии, они выпускают сжатый воздух более  $25 \text{ м}^3/\text{мин}$ , с давлением 0,8 МПа.

### Расчет потребности в сжатии воздуха

Сжатый воздух на строительной площадке необходим для обеспечения работы аппаратов (в том числе отбойных молотков, перфораторов, пневмо-трамбовок, ручного пневматического инструмента для очистки поверхности от пыли и т. д.).

Источниками сжатого воздуха являются стационарные компрессорные станции, а чаще всего передвижные компрессорные установки. Расчет потребности в сжатом воздухе производится из условий работы минимального количества аппаратов, подсоединенных к одному компрессору. Мощность потребной компрессорной установки рассчитывается по формуле:

$$Q = 1,3 \cdot K \cdot \Sigma q = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 9,5 = 9,8,$$

где: 1,3 - коэффициент, учитывающий потери в сети,

$\Sigma q$  - суммарный расход воздуха приборами,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ,

$K$  - коэффициент одновременности работы аппаратов, принимаемый при работе 4-6 аппаратов - 0,8.

### Емкость ресивера определяется по формуле:

$$V = K \sqrt{Q} = 0,4 \cdot \sqrt{9,8} = 1,25 \text{ м}^3,$$

где:  $K$  - коэффициент, зависящий от мощности компрессора и принимаемый для передвижных компрессоров - 0,4,

$Q$  - мощность компрессорной установки,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

В расчётах диаметров в качестве основного применяется формула:

$$Q = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot v,$$

где:  $Q$  - расход пара, воздуха и воды в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$D^2$  - диаметр трубопровода в м.

$v$  - допустимая скорость потока в м/с.

В практике рекомендуется вести расчет по расходу в  $\text{м}^3/\text{ч}$  и по диаметру трубопровода в мм, в этом случае выше приведённая формула расчёта диаметра трубопровода изменяется следующим образом:

$$D = \sqrt{\frac{354 \cdot Q}{v}},$$

где:  $D$  - диаметр трубопровода в мм.

$Q$  - расход в  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

$v$  - допустимая скорость потока в м/с.

Расчет трубопроводов всегда ведется по объёмному расходу ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), а не по массовому ( $\text{кг}/\text{ч}$ ). Если известен только массовый расход, то для расчёта  $\text{кг}/\text{ч}$  в  $\text{м}^3/\text{ч}$  необходимо учитывать удельный объём по таблице воздуха.

### Расчет расхода воздуха

Формула (ы):

$$Q_a = 60\pi \cdot v \left(\frac{d^2}{2}\right),$$

где:  $d^2$  - внутренний диаметр трубопровода,

$Q_a$  - расход воздуха (текущий)  $\text{м}^3/\text{мин}$ ,

$v$  - скорость воздуха (м/с).

### Расчет трубопровода сжатого воздуха по скорости

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_a}{\pi \cdot 60v}}, \quad \Delta p = \frac{\mu \cdot l \cdot v^2 \cdot p}{2d},$$

где:  $Q_a$  - расход воздуха (текущий)  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$l$  - длина трубопровода (м);

$d$  - внутренний диаметр трубопровода (м);

$v$  - скорость воздуха (м/с);

Таблица 2

| Среда  | Назначение           | Скорость потока в м/с |
|--------|----------------------|-----------------------|
| Воздух | Воздух под давлением | 3 – 10                |

где:  $\Delta p$  - потери давления (Па);

$\mu$  - коэффициент трения;

$\rho$  - плотность воздуха (кг/м<sup>3</sup>).

### Расчет скорости воздуха

Формула (ы):

$$v = \frac{Q_a}{60\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2},$$

где:  $d$  - внутренний диаметр трубопровода (м)

$Q_a$  - расход воздуха (текущий) (м<sup>3</sup>/мин)

$V$  - Скорость воздуха (м/с).

### Экономические показатели виброгрохота:

- улучшается качество просеивания продукции;
- снижается себестоимость продукции;
- отсутствие потребности к запчастям;
- экономия электроэнергии;
- гарантируется соответствие экологическим требованиям по охране окружающей среды;
- внедряется более экономичная технология;
- предприятие обеспечивается качественным оборудованием;
- гарантируются санитарные нормы для здоровья работников;
- обеспечивается облегчение условий труда для работников предприятий.

### Библиографический список:

1. В.Н. Хаджигов, С.А. Бутаков «Горная механика» МОСКВА "НЕДРА" 1982. 420 с.
2. А.П. Гришко «Стационарные машины» МОСКВА ИЗДАТЕЛЬСТВО "ГОРНАЯ КНИГА" 2007г. 620 с.
3. В.Г. Сорокина «Марочник сталей и сплавов» МОСКВА "МАШИНОСТРОЕНИЯ" 1989г. 152 с.
4. В.И. Ануриев «СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА МАШИНОСТРОЕНИЯ» МОСКВА "МАШИНОСТРОЕНИЯ" 2001г. С. 174-179.
5. И.Х. Бродянский «Разметка сварных фасонных частей трубопроводов» ЛЕНИНГРАД 1963г. 15 с.
6. Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт «Материаловедение» МОСКВА "МЕТАЛЛУРГИЯ" 1975г. 58 с.
7. П.М. Поливанов, Е.П. Поливанова. «Таблица для подсчета масс деталей и материалов» СПРАВОЧНИК. МОСКВА "МАШИНОСТРОЕНИЯ" 2003г. 78 с.
8. В.П. Молодкин. «Справочник молодого токаря» Москва рабочий. 1978г. 98 с.

## СТАНОК ТОКАРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

## NT-250-01 NT-250 M



**Государственное предприятие НГМК**  
Производственное объединение  
"Навоийский машиностроительный завод"  
www.ngmk.uz

Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: infonmz@ngmk.uz

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ  
ISO 9001:2000  
SGS

## ПЕРСПЕКТИВА РАСШИРЕНИЯ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВ



**Нурматов Ж.Т.,**

соискатель кафедры «Технология машин и оборудования» Каршинского инженерно-экономического института



**Рашидова Р. К.,**

соискатель кафедры «Добычи и переработки руд редких и радиоактивных металлов» НГГИ



**Курбанов А.А.,**

профессор кафедры «Металлургия» НГГИ, д.т.н.



**Жиянов А.Б.,**

ст. преподаватель кафедры «Добычи и переработки руд редких и радиоактивных металлов» НГГИ

*Maqolada bazaltlarni qayta ishlashda petrugiya jarayonlaridan foydalanish keng tarqalganni yoziladi. Hozirda korxonalarda bazaltlarni faqat suyultirish yo'li bilan qayta ishlaydilar. Bazaltlardan issiqlik saqlovchi tolalar, plitkalar, sementlar, armaturalar, to'rlar olinmoqda. Shu sababli ushbu maqolada olinadigan mahsulotlar assortimenti katta emasligi bayon etilgan. Assortimentni ko'paytirish uchun esa bazaltlarni faqat suyultirib qayta ishlash bilan chekanmaslik kerakligi faktlar yordamida isbotlab berilgan. Shu bilan birga bazaltlarning kimyoviy tarkiblari berilgan. Bazaltlarni kimyoviy tarkiblariga qarab ularni qayta ishlash texnologiyasi tanlab, belgilanib olinadi.*

*Maqolada huddi shi prinsipga asoslangan, bazaltlarni suyultirmasdan ularni quruq qayta ishlash usuli g'oyasi ilgari surilgan. Bazaltlarni quruq qayta ishlash asosida olinadigan mahsulotlar nomlari keltirilgan. Bu bazaltlardan olinadigan mahsulotlar assortimentini ko'paytirishi faktlar yordamida asoslab berilgan. Shu bilan birga kelajakda bazaltlarni qayta ishlashning ikkita usuliga amal qilish tavsiya etiladi.*

**Tayanch iboralar:** xom-ashyo, quruq tog' jinsi, kon, zahira, bazal't, silikat, olivin, piroksen, parchalanish, kimyoviy, fizikaviy, mexanikaviy, bo'linish, shlam, gidrooksid, karbonat, diabaz, mahsulot, yanchish, maydalash.

*В статье отмечается, что использование петроглифических процессов при обработке базальтов широко распространено. В настоящее время базальты на предприятиях перерабатываются только методом разжигания. Из базальтов добывают теплоизоляционные волокна, плитку, цемент, арматуру и сетки. Поэтому в этой статье сказано, что ассортимент товаров невелик. В целях увеличения ассортимента доказано фактами, что базальт не должен ограничиваться переработкой в жидком состоянии. Однако приведен химический состав базальтов. В зависимости от химического состава базальтов выбирается и определяется технология их обработки.*

*Статья основана на том же принципе, идея о способе сухой обработки базальтов без разжигания. Приведены наименования продуктов, полученных на основе сухой переработки базальтов. Такое увеличение ассортимента изделий из базальта основано на фактах. Однако в дальнейшем рекомендуется придерживаться двух методов обработки базальта.*

**Ключевые слова:** сырье, сухая порода, добыча, запасы, базальт, силикат, оливин, пироксен, разложение, химический, физический, механический, деление, шлам, гидроксид, карбонат, диабаз, продукт, дробление, измельчение.

Комплексное освоение природных минеральных сырьевых ресурсов, разработка рациональной технологии получения конкурентоспособной промышленной продукции остается одной из актуальных задач горно-металлургической промышленности мира. За последние 50 лет мировое потребление металлозаменителей и заменителей бумаг, получаемых из природных минеральных сырьевых ресурсов, увеличилось в 2-3 раза, а огнеупорных, композиционных и кислотостойких материалов в 2,5-3,8 раза. В настоящее время в развитых странах мира основными направлениями современной науки обогащения полезных ископаемых является изучение эффективных путей освоения минеральных ресурсов, их переработка и внедрение на практике достижения передовой технологии. В выполнении поставленной задачи особое место отводится переработке природных минеральных богатств металлургической промышленности.

В частности последние годы и в Узбекистане растет потребность в новой, дешевой, конкурентоспособной продукции из местных сырьевых ресурсов, которая непосредственно связана с расширением и развитием возможностей горно-металлургической и перерабатывающей отраслей, опирающейся, также в основном, на широко внедрении на практике переработки и обогащения полезных ископаемых.

В ранних работах для производства новой, альтернативной, экологически чистой и качественной продукции авторами данной статьи были рекомендованы местные базальтовые породы месторождений: «Асмансай», «Гавасай», «Айдаркуль» и «Ахангаран» с положительными показателями, которые доказывают приемлемость их использования. [1,2,3] Вместе с тем было отмечено, что растущий спрос на базальтовую продукцию способствует усовершенствованию комплексной переработки

базальтов и производству изделий различного назначения на основе заданных параметров химических и физико-механических свойств породы. В таких условиях для полноценного использования местных базальтов решение данного вопроса является весьма актуальной проблемой.

Исходя из изложенного, в течение последних лет нами было организовано проведение ряда исследований. Они были направлены на изучение дальнейшего повышения эффективности использования местного базальтового сырья, его специфические особенности, возможные пути обогащения и организации производства новой, качественной и экологически чистой продукции. Особое внимание было уделено изучению информации по выявлению основных факторов, на основе которых собраны данные определяющие условия возникновения базальтовых лав. Следовательно, в данном случае дано предпочтение комплексному исследованию химических и физико-механических и других свойств, а также вещественного состава базальтовых пород по месторождениям. Параллельно изучалось состояние залежи базальтовых пород.

В ходе исследования было установлено, что изменения свойств и вещественного состава базальтов и их разновидностей определяют требования технологического процесса переработки данной породы. На каждом этапе переработки базальтов учитывались и использовались данные химического состава породы. Выявлено, что различие в соотношении химических элементов в базальтах, заметно влияет на их прочность, химическую стойкость и стойкость к щелочи, а также температуру плавления и другие физические и механические свойства породы. Все эти показатели играют важную роль при определении назначения и разной профильности выпускаемой продукции, полученной на основе данной породы.

Таблица 1

Сравнительная характеристика химического состава базальтовых пород разных регионов земного шара

| №  | Компонент, соединение          | Сравнительный химический состав и температура плавления базальтов разных месторождений мира (в.%) |                        |                         |                          |  |                                       |
|----|--------------------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|--|---------------------------------------|
|    |                                | «Майкудукский» (Казахстан)  | «Гавасай» (Узбекистан) | «Асмансай» (Узбекистан) | «Айдаркуль» (Узбекистан) | м-ия Ахангаран -Ташкентской области (Узбекистан) | Средний плато-базальт (по Вашингтону) |
| 1  | SiO <sub>2</sub>               | 44,9+55,9   | 45,7+47,05             | 45,7+53,3               | 43,7+56,9                | 52,7-66,6**                                      | 48,3+50,2                             |
| 2  | TiO <sub>2</sub>               | 0,21÷0,41   | 1,01÷1,05              | 1,18÷1,21               | 1,5÷2,5                  | 0,72-1,35  | 1,3÷2,8                               |
| 3  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,4+21,8   | 14,2+15,7              | 9,2+10,2                | 9,2-10,2                 | 13,3-16,9  | 10,3-14,1                             |
| 4  | CaO                            | 5,4+6,2   | 7,4+8,4                | 12,4+15,1               | 5,4+8,8                  | 1,4-6,33   | 10,0+10,8                             |
| 5  | MgO                            | 0,81÷1,6  | 4,8+5,4                | 1,1+2,6                 | 2,7+3,8                  | 0,5-5,44   | 6,2+6,9                               |
| 6  | FeO                            | 5,2+11,4  | 1,16+1,39              | 5,6+8,9                 | 4,6+6,9                  | 0,90-4,58  | 6,4+9,5                               |
| 7  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,19+8,96   | 6,9+7,4                | 2,9+3,47                | 2,9+3,0                  | 0,64-4,74  | 2,2+3,6                               |
| 8  | K <sub>2</sub> O               | 0,37+0,44   | 1,2+1,4                | 0,21+0,99               | 0,14+0,19                | 2,26-4,54  | 0,16+1,0                              |
| 9  | Na <sub>2</sub> O              | 1,9+2,8   | 2,8+3,6                | 1,8+2,6                 | 2,8+3,3                  | 2,2-5,0  | 2,1+2,9                               |
| 10 | MnO <sub>2</sub>               | 0,22+0,28   | н/о                    | 0,12+0,41               | 0,09+0,11                | 0,06-0,23  | 0,29+0,54                             |
| 11 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,05+0,07   | н/о                    | 0,45+0,73               | н/о                      | 0,05-0,61;                                       | 0,02+0,10                             |
| 12 | Прочие                         | 7,94+8,34   | 7,9+8,3                | 19,03+0,31              | 26,95+0,41               | 4,97   | 18,93+20,6                            |
| 13 | Температура плавления, °С      | 1300+1350   | 1300+1350              | 1400+1450               | 1500+1550                | 1300+1350  | 1200+1300                             |
| 14 | Температура ликвидуса, °С      | 1200+1350   | 1200+1350              | 1400+1450               | 1500+1550                | 1200+1350  | 1150+1250                             |

Таблица 2

Полуколичественный спектральный анализ базальтовой горной породы (на примере) Асмансайского месторождения (результаты x 10<sup>-3</sup> %)\*

| №  | Cu | Pb  | Zn   | Cd  | Ag   | Bi  | Ge   | Co   | Ni | Tl  | Sb  | Cr |
|----|----|-----|------|-----|------|-----|------|------|----|-----|-----|----|
| 1  | 3  | 0,4 | <1   | <1  | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 10 | <1  | <1  | 20 |
| 2  | 5  | 0,5 | Ф    | н/о | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 20 | н/о | н/о | 20 |
| 3  | 5  | 0,4 | <1   | <1  | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 10 | <1  | <1  | 20 |
| 4  | 4  | 0,5 | Ф    | н/о | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 20 | н/о | н/о | 20 |
| 5  | 3  | 0,4 | <1   | <1  | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 10 | <1  | <1  | 20 |
| 6  | 10 | 1,0 | <0,2 | <1  | <0,1 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | 50 | <1  | <1  | 20 |
| 7  | 5  | 0,5 | Ф    | н/о | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 20 | н/о | н/о | 20 |
| 8  | 3  | 0,4 | <1   | <1  | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 10 | <1  | <1  | 20 |
| 9  | 10 | 1,0 | <0,2 | <1  | <0,1 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | 50 | <1  | <1  | 20 |
| 10 | 5  | 0,5 | Ф    | н/о | <0,1 | н/о | н/о  | 1    | 20 | н/о | н/о | 20 |

\*Примечание. н/о – не обнаружено; ф - определению мешает сплошной фон

Экспериментально определены данные о химическом составе базальтов месторождений: «Асмансай», «Гавасай», «Айдаркуль» и «Ахангаран» (в качестве сопоставления показателей о химическом составе «Ахангаран» использовались данные ГП «ИМР»). Проведены гамма-спектрометрический анализы выборочно полученных отдельных образцов, которые послужили для определения количества радионуклидов. Гамма-спектрометрический анализ позволил определить активность образцов породы на единицу массы.

Анализ показал, что удельная эффективная активность естественных радиоактивных элементов в базальте составляют, (Bк/kg): месторождения «Айдаркуль» – 251, «Асмансай» – 312 и «Гавасай» – 202, что соответствует санитарным нормам - 370 Bк/kg по СанПиН-0193-06. Наряду с изложенным, образцы базальтов подверглись полуколичественному спектральному анализу, цель которого была направлена на выявление околокларковых и вышекларковых показателей химических элементов в базальтах. Результаты исследований и анализов представлены в табл. 1 и 2., из которых установлены отличительные показатели химических составов базальтовых пород разных месторождений. Представлены сравнительные показатели химического состава образцов пород Узбекистана с базальтами, некоторых других стран. [1,3].

Исследован химический состав базальтовой породы всех рассматриваемых месторождений. Исследование химического состава проб базальтовой породы методом химического анализа, с учетом влаги и потери веса при прокаливании, позволило определить содержание оксидов: кремния, алюминия, титана, кальция, железа, магния, калия, натрия, серы общей и серы сульфатной. Результаты изучения показали, что в среднем содержание оксида кремния в образцах базальтов Узбекистана достигало 50÷60%, против 47,0÷53%, в других базальтовых месторождениях мира; окиси магния - до 5%, против 10%; кальция – 15%, против 3%; окиси натрия - 3,6%, против 3% и железа -7,37%, против 9% и т.д.

В составе базальтовой породы месторождений «Айдаркуль» и «Асмансай» выявлены заметно высокие содержания таких химических компонентов, как: SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, но у базальтов месторождения «Айдаркуль» такие компоненты, как: MnO<sub>2</sub>, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> встречаются, в процентном соотношении, в меньшем количестве, чем у базальтов месторождения «Асмансай». Выявлено заметно высокое содержание химических компонентов таких как: SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в составе базальтовой породы обоих месторождений.

Отмечено, что оксиды кальция, магния и окиси железа способствуют понижению вязкости и улучшения кристаллизационной способности расплавов. В случае пониженного содержания кремнезема (менее 42%) расплав имеет пониженную вязкость, при охлаждении он быстро твердеет с образованием стекловидной микроструктуры и появлением трещин.

Во всех исследованных образцах базальтовой породы месторождения «Айдаркуль», проведенных методом полуколичественного спектрального анализа, не было обнаружено вышекларковое содержание таких элементов, как: Zn, Cd, Ag, Bi, Ge, Sb, W, Sn, In, As и P, а в базальтах месторождения «Асмансай» было замечено вышекларковое или околокларковое содержание вышеперечисленных элементов. Отмечено также, что в базальтах особенно выделяются связи между Al, Fe, Mg, K, N, Ti и Si с кислородом. Связь кислорода с химическими элементами металлов образует оксиды, которые, в целом, и составляют основу силикатного соединения базальта. Так как основная часть базальтов состоит из SiO<sub>2</sub>, то в такой цельной структуре большое место отводится кремнекислородным связям, что повлияло на температуру плавления породы. Например, температура плавления базальтов месторождений «Айдаркуль», «Асмансай» и «Ахангаран» отличаются друг от друга, примерно, на 100 - 200°С, иногда даже больше. В составе базальтов месторождения «Айдаркуль» содержание SiO<sub>2</sub> находится в пределах 43,7÷59,9%, у базальта «Асмансай» в пределах 45,7÷53,3% и «Гавасай» 45,7÷47,05%. Согласно методу С.Д. Белинкина, повышение в базальте содержания SiO<sub>2</sub> способствует увеличению температуры плавления породы.

Таблица 3

Выбор критерийных значений состава и свойств базальтов для выпуска разнообразной продукции

| № п.п | Основные составляющие химические компоненты базальтов | Граничные критерии физико-химических свойств и состав базальтов             |   |   |   |   |  |
|-------|---|---|---|---|---|---|--|
|       |   | Содержание химических компонентов, %, масс                                  | Наименования среды для испытания плиток на работоспособность (кислотная)  | Содержание химических компонентов, %, масс  | Рабочая температура базальтовые продукции, °С | Содержание химических компонентов, %, масс  | Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon$ ( $8,854 \times 10^{-12} \text{ К}^2/\text{м}^2 \times \text{Н}$ ) |
| 1     | SiO <sub>2</sub>                                      | 50,3÷60,0   | - в H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -97<br>- в HCl-85<br>- в CH <sub>3</sub> COOH-97,5<br>- в HNO <sub>3</sub> -95,5<br>- в H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> -95 | 42,7÷47,3;  | При температуре от -270 °С до +800 °С         | 43,7÷49,3   | 4,34   |
| 2     | TiO <sub>2</sub>                                      | 0,63±1,5  |   | 0,5±1,51;   |   | 0,8±1,0   | 86,0   |
| 3     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | 10,22±15,0  |   | 14,2±20,2   |   | 8,7±13  | 10,5-12,0  |
| 4     | CaO   | 8,42±13,0   |   | 7,2±8,42;   |   | 9,42±12,0   | 3,0  |
| 5     | MgO   | 2,7±4,0   |   | 3,7±6,0;  |   | 5,7±11,6  | 3,2  |
| 6     | FeO   | 1,6±2,9   |   | 2,6±4,0;  |   | 5,6±8,9   | 16,0   |
| 7     | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | 1,19±2,5  |   | 3,1±6,37;   |   | 2,9±3,47  | 11,6   |
| 8     | K <sub>2</sub> O                                      | 0,3±0,99  |   | 0,2±0,49;   |   | 0,14±0,99   | 16,0   |
| 9     | Na <sub>2</sub> O                                     | 1,80±2,6  |   | 1,80±2,60;  |   | 1,1±2,0   | 1,0  |
| 10    | MnO <sub>2</sub>                                      | н/о   |   | 0,09±0,11   |   | 0,09±0,41   | 13,0   |
| 11    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                         | н/о   |   | н/о   |   | 0,45±0,73   | 23   |
| 12    | Прочие соединения                                     | 6,39  |   | 12,40   |   | 5,48  | н/о  |
|       | Итого   | 100   | 100   | 100   |   |   |  |
| 13    | Температура плавления °С                              | -   |   | 1300÷1400 °С  |   | 1450÷1550 °С  |  |
| 14    | Назначение  | Кислотостойкие плитки, огнеупорные и строительные материалы. Портландцемент |   | Теплоизоляционные базальтовые ваты, строительные материалы, лечебные пояса и утеплительные плитки, портландцемент |   | Опорно-аппаратные изоляторы разного потенциала, щелочестойчивые плитки, арматуры, металлозаменители |  |
| 15    | Название месторождения                                | Айдаркульское и Асмансайское  |   | Айдаркульское, Ахангаранский, Асмансайское и Гавасайское  |   | Асмансайское и Айдаркульское  |  |

Базальты месторождения Узбекистана проявляются в виде редко- и мелкопорфировой породы с афировой, аллотриаморфно зернистой структурой. Базальты состоят, примерно, из равного количества совершенно неправильных зерен плагиоклаза и пироксена, по оптическим свойствам близкого к диоксиду-авгиту  $C:N_g = 36 \div 43^\circ\text{C}$ . Такое разложение силикатных соединений и разное их содержание в базальтовых породах играют основную роль для установления температурного режима плавления породы.

Помимо изложенного необходимо учитывать, что увеличение в составе базальтов содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> и TiO<sub>2</sub> также повышает температуру плавления породы. Хотя последний показатель может влиять на снижение литейных свойств жидкого базальта. Выявлено, что при этом снижается и плотность породы, она становится более пригодной для дробления и измельчения, повышается удельная сопротивляемость литого продукта внешним ударам.

Содержание в составе базальта MnO<sub>2</sub> в пределах (0,09±0,41)% и FeO в пределах (2,6÷3,9)%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пределах (1,19±2,5)% и низкое процентное соотношение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiO<sub>2</sub> снижает электропроводимость базальтовой отливки. Тем самым подтверждается схожесть базальтовой стеклянно-литой формы с кварцевыми стеклами, с точки зрения малой электропроводимости.

Полученные результаты позволили разработать технологию переработки по критерийным свойствам базальтов, пригодных для выпуска разнообразной продукции, которые приведены в табл. 3. Эти данные показывают, что для литейных работ желательно выбирать базальты, у которых содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет не более 13%. Такими свойствами обладают базальты, в составе которых содержание, SiO<sub>2</sub> в % масс, не более 50, (в %): MgO – 12, (FeO · Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) более 8, CaO до 16 и (K<sub>2</sub>O · Na<sub>2</sub>O) – 6. По этим показателям, базальтовые породы месторождений «Айдаркуль» и «Асмансай» больше подходят для изготовления изоляторов разного электрического потенциала.

Выявлено, что с повышением твердости породы повышается диэлектрическая проницаемость и тем самым повышаются изоляционные свойства. Поэтому предельно допустимое содержание SiO<sub>2</sub> в составе базальта составляет 43,7÷49,3%, и рекомендуется, как самый оптимальный вариант при выборе состава породы [3-5]. При таких показателях базальты всех рассматриваемых месторождений «Айдаркуль»,

«Асмансай», «Гавасай» и «Ахангаран» успешно могут быть применены для изготовления теплоизоляционных материалов с различного диаметра волокон (температура плавления базальтов (1350÷1400)°С).

По табличным данным видно, что в отличие от базальтов, используемых для изготовления изоляторов разного потенциала, для изготовления теплоизоляционных волокнистых материалов потребуются базальтовые породы, в составе которых содержится (в %): SiO<sub>2</sub> – 43÷47, MgO до 7, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 20, CaO до 10 и (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O) не более 3,5.

Установлено, что содержание в составе базальта оксидов железа (FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и TiO<sub>2</sub> не влияет на теплопроводимость базальтоволокнистых материалов [1,2,4]. Однако необходимо учитывать содержание MnO<sub>2</sub>, от которого зависит вязкость струй жидкого базальта, которые проходят через фильерное устройство. Такими свойствами обладают базальты всех трех рассматриваемых месторождений. Свидетельством тому является использование базальтов месторождений «Айдаркуль» и «Асмансай» и «Гавасай» базальтоперерабатывающими предприятиями. Базальты всех этих месторождений используются исключительно для изготовления теплоизоляционных базальтоволокнистых материалов [1].

Как было выше отмечено, повышение в составе базальтов содержания SiO<sub>2</sub> более, чем на 50% способствует снижению вязкости, литейных свойств расплава и повышает электропроводимость, но при этом снижает твердость самой породы. В данном случае практический интерес представляют исследования базальтов месторождения «Айдаркуль», в составе базальтов которого содержание SiO<sub>2</sub> достигает до 60% и TiO<sub>2</sub> до 2,5%. Однако, базальты с таким содержанием SiO<sub>2</sub> легко поддаются дроблению и измельчению. Такие базальты пригодны для изготовления кислото-щелочестойчивых плиток, работающих в агрессивных средах, а также для изготовления портландцемента [1].

Таким образом, доказано, что основными факторами, от которых зависит температура плавления базальтов, являются: процентное содержание в породе оливина, пироксена и плагиоклаза, минералогический состав базальтовой породы, степень засоленности почвы месторождений, физико-механические и химические свойства породы.

В период проведения исследований и изучения полученных результатов, анализа данных информационной базы изложенных в научно-технической литературе зарубежных стран [4-7] показывает, что:

- базальтовые породы различных месторождений имеют разный вещественный состав и свойства;

- на основе свойственных и вещественных составов базальтов можно определить назначение изготавливаемых из базальтов продукции, последовательность и режим переработки породы;

- базальты Узбекистана состоят исключительно из металллоосодержащих оксидов и не содержат ценных компонентов.

Поэтому установлено, что в настоящее время самым эффективными методами переработки базальтов Узбекистана можно считать петругический и сухой способы. По первому методу переработка породы осуществляется путем плавления базальтов и изготовления продукции. Во втором случае базальты проходят через сухой метод переработки, не подвергаясь тепловым воздействиям. Сухой метод переработки включает: дробление, грохочение с промывкой, измельчение, типизация базальтов, восстановительный обжиг с последующей магнитной сепарацией и последующим изготовлением продукции.

В целом установлено, что для производства из местных базальтов продукции различного назначения можно выделить три класса пород, которые отличаются друг от друга заданными параметрами химических, физико-механических и технологических свойств породы.

Рекомендуется, осуществить переработки местных базальтов разделив их на следующие классы:

К первому классу можно отнести базальты, химический состав которых соответствует данным Д.С. Белянкина. Они предназначены для литейных работ, и к ним относятся базальты, имеющие следующий химический состав, (в %):  $SiO_2 - 43,7 \div 49,3$ ;  $TiO_2 - 0,8 \div 1,0$ ;  $Al_2O_3 - 8,7 \div 13$ ;  $CaO - 9,42 \div 12,0$ ;  $MgO - 5,7 \div 11,6$ ;  $FeO - 2,6 \div 3,9$ ;  $Fe_2O_3 - 2,89 \div 3,37$ ;  $K_2O - 0,14 \div 0,99$ ;  $Na_2O - 1,1 \div 2,0$ ;  $MnO_2 - 0,09 \div 0,41$ ;  $P_2O_5 - 0,45 \div 0,73$  и прочие. Экспериментально установлено, что изменение содержания химических соединений в указанных интервалах не влияет на качество литья в петругическом производстве и, следовательно, на качество конечного продукта.[1,3].

Ко второму классу можно отнести базальты, имеющие в основном следующий химический состав (в %):  $SiO_2 - 42,7 \div 47,3$ ;  $TiO_2 - 0,5 \div 1,51$ ;  $Al_2O_3 - 14,2 \div 20,2$ ;  $CaO - 7,2 \div 8,42$ ;  $MgO - 3,7 \div 6,0$ ;  $FeO - 2,6 \div 4,0$ ;  $Fe_2O_3 - 3,1 \div 6,37$ ;  $K_2O - 0,2 \div 0,49$ ;  $Na_2O - 1,80 \div 2,60$ ;  $MnO_2 - 0,09 \div 0,11$  и прочие. Такие базальты пригодны исключительно, для изготовления волокнистых материалов с использованием фильерного устройства.

К третьему классу можно отнести базальты, имеющие в основном следующий химический состав (в %):  $SiO_2 - 50,3 \div 60$ ;  $TiO_2 - 0,63 \div 1,5$ ;  $Al_2O_3 - 10,22 \div 15,0$ ;  $CaO - 8,42 \div 13,0$ ;  $MgO - 2,7 \div 4,0$ ;  $FeO - 1,6 \div 2,9$ ;  $Fe_2O_3 - 1,19 \div 2,5$ ;  $K_2O - 0,3 \div 0,99$ ;  $Na_2O - 1,80 \div 2,6$  и прочие. Такие базальты пригодны для изготовления огнеупорных, кислото- и щелочестойких, а также композиционных материалов.

### Библиографический список:

1. Курбанов А.А., Абдурахмонов С.А. Научные и практические основы комплексного использования разнотипных базальтов Узбекистана. Монография. Узбекистон Матбуот ва ахборот агентлиги. Навоий вилоят "Дўстлик байроғи" газетаси нашриёти. Навоий 2018.

2. Курбанов А.А. Разработка рациональной технологии переработки разнотипных базальтов Узбекистана. Автореферат на соис. Уч. Степени доктора технических наук. РУз. Академия МВД. Ташкент, 2016. 75 с.

3. Абдурахмонов С.А., Рашидова Р.К. Ways of improvement of quality of basalt production. RMZ - Materials and geoenvironment. - Slaveniya, 2015, Vol.62.№ 4, - pp. 133-139.

4. Курбанов А.А. Состояние переработки базальтов Узбекистана и пути улучшения плавательных операций. Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник Узбекистана». - Навои, 2017. - № 2. - С.106÷109.

5. Курбанов А.А., Самторов Л.Х. The flexural stiffness and tension state of basalt filter. RMZ - Materials and geoenvironment. - Slaveniya, 2016, Vol.64.№ 4, - pp. 53-62

6. Нурматов Ж.Т., Курбанов А.А. Перспективы развития использования и пути повышения качество базальтовых сырьевых ресурсов Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник Узбекистана». - Навои, 2018. - № 2. - С.106÷109.

7. Нурматов Ж.Т., Курбанов А.А. Theoretical explanation of dust deposition in the dust chamber during gas filtration through a basalt filter. RMZ - Materials and geoenvironment. - Slaveniya, 2018, Vol.62.№ 4, - pp. 133-139.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
"Навоийский машиностроительный завод"  
[www.ngmk.uz](http://www.ngmk.uz)  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: [infony@ngmk.uz](mailto:infony@ngmk.uz)



## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЛОЖНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ АГРОРУД КАРАКАЛПАКСТАНА И ОТХОДОВ ФОСФОРИТОВЫХ РУД

*Orol dengizining qurigan tubida ekologik muvozanatni tiklash uchun O'zbekiston Respublikasida reja asosida tadbirlar o'tkazilmoqda. Avvalombor, tuproq tarkibi tahlil qilinib, uning asosan sho'rlanganlik darajasi aniqlanadi. Tuproq namligini saqlash, sho'rlanish darajasini kamaytirish, ushbu zonadagi o'simliklarni rivojlanishini ta'minlovchi minerallar bilan boyitish tadqiqotning asosiy maqsadi hisoblanadi.*

**Tayanch iboralar:** tuproq, namlik, tuzlar, miqdor, sho'rlanish darajasi, minerallar, tabiiy, ekologiya, dengiz muhiti, glaukonit, fosforit.

*В Республике Узбекистан принимаются меры по восстановлению экологического баланса на высохшем дне Аральского моря. Прежде всего, анализируется состав почвы для определения ее засоленности. Поддержание влажности почвы, снижение засоленности и обогащение ее минералами, которые поддерживают рост растений в этой зоне, являются основными целями исследования.*

**Ключевые слова:** почва, влажность, соль, количество, соленость, минералы, природные явления, экология, морская среда, глауконит, фосфорит.

**Худойбердиев Ф.И.,**  
директор Нукусского филиала НГГИ, PhD, доцент



**Тахирова Н.Б.,**  
ассистент кафедры «Химическая технология» НГГИ



В Республике Каракалпакстан предпринимается ряд мер по созданию лесов и поддержанию экологического баланса в засохшем дне Аральского моря согласно постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан №1031 от 24.12.2019 г. «О мерах по созданию «зеленого покрова» — охраняемых лесов в засушливых районах Аральского моря». Для проведения мероприятий по созданию «зеленого покрова» на высохшем дне Аральского моря необходимо определить почвенный состав земельных участков.

При химическом анализе почв могут быть использованы, в основном, аналитические методы, которые делятся на две группы: химические и инструментальные. Химические методы, в свою очередь, подразделяются на гравиметрические и титриметрические, состоящие из кислотно-основного, окислительно-восстановительного, комплексонометрического и осадительного титрования. Среди инструментальных методов в химическом анализе почв наиболее широко используются электрохимические и спектрохимические методы.

Исследованию засоленных почв уделяют большое внимание, т.к. они широко распространены, а решение любых вопросов мелиорации основывается на сведениях о засолении. К засоленным относятся почвы, содержащие легкорастворимые соли, в количествах, отрицательно влияющих на развитие растений. К этой категории относят почвы, содержащие хотя бы в одном горизонте почвенного профиля легкорастворимые соли в количествах, превышающих порог токсичности — минимально допустимое количество солей, которое не вызывает угнетение растений.

Анализ почвенных растворов и фильтратов из насыщенных водой почвенных паст позволяет получить представление о концентрации солей в жидких фазах реальных почв. Метод водной вытяжки позволяет оценить общее содержание легкорастворимых солей в почвах. При оценке засоления, как правило, определяют анионы ( $\text{CO}_3^{2-}$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и катионы ( $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ) легкорастворимых солей. Качественные испытания засоленности почв проводят перед тем, как приступить к приготовлению водной вытяжки. Для этого делают пробы на присутствие в почве  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Ca}^{2+}$ .

Качественные испытания проводят следующим образом: к 5 г почвы наливают 25 мл дистиллированной воды, взбалтывают 3 мин и фильтруют [1]. Определение легкорастворимых солей и оценку засоления почв проводят методом водной вытяжки, который основан на извлечении легкорастворимых солей пятикратным по отношению к массе почвы объемом дистиллированной воды. Воду добавляют к навеске почвы, суспензию взбалтывают и фильтруют. В результате получается водная вытяжка, которую анализируют сразу же после ее получения, т.к. со временем в них может измениться pH и концентрация карбонатных ионов в связи с поглощением вытяжками  $\text{CO}_2$  из атмосферного воздуха. Если почва засолена легкорастворимыми солями, то получается прозрачная вытяжка, т.к. в присутствии солей почвенные коллоиды коагулируют [2].

В настоящее время в Кызылкумском фосфоритовом комплексе в отвалах скопилось более 10 млн. т минерализованной массы (12-14%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и 5 млн. т шламового фосфорита (10-12%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), которые являются отходами процесса обогащения фосфоритов Центральных Кызылкумов. В общем случае с ними ежегодно теряется 42%  $\text{P}_2\text{O}_5$  от исходной руды [4]. Исходя из этого изучен процесс получения минеральных удобрений из местных глауконитовых руд, отходов Кызылкумского фосфоритового комплекса и шламового фосфорита (10-12%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

В исследованиях произведен отбор проб почвы на отдельных участках высохшего дна Аральского моря. Анализы проводили по методике [1]. Данные участки засолены в основном по хлору (табл. 1), в связи с этим возникла необходимость проведения мероприятий по снижению количества хлор-ионов в почве.

Разработаны удобрения из агроруд Республики Каракалпакстан, которые вносятся при посеве саженцев и во время других агротехнических мероприятий.

В качестве агроруд использовался глауконит Крантауского месторождения. Изучение глауконитов показало наличие в них таких важных питательных компонентов, как калий, алюминий, железо, магний, кальций, фосфор. Состав глауконитового песка следующий: глауконит — 35-40%, кварц — 33-55%, полевые шпаты — 6,4-6,9%,

Таблица 1

Результаты анализов почвы

| №  | Глубина, см | Cl, % | SO <sub>4</sub> , % | Ca, % | Mg, % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , % | Na+K    |       | pH   | Примечание              |
|----|-------------|-------|---------------------|-------|-------|-----------------------------------|---------|-------|------|-------------------------|
|    |             |       |                     |       |       |                                   | мг/экв. | %     |      |                         |
| 1. | 0-10        | 0,029 | 0,054               | 0,021 | 0,005 | 2,56                              | 1,17    | 0,027 | 8,20 | Слабо засолен           |
| 2. | 10-20       | 0,037 | 0,112               | 0,032 | 0,012 | 3,57                              | 0,98    | 0,024 | 8,12 | Слабо засолен           |
| 3. | 20-30       | 0,067 | 0,059               | 0,021 | 0,011 | 3,68                              | 1,89    | 0,046 | 8,11 | Средне засолен по хлору |

Химический состав фосфорита

| Виды фосфорита    | Содержание компонентов, вес. % |       |                                |                                |      |      |                 |                 |                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> с <sub>у</sub> / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> об,<br>% |
|-------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------|-----------------|------------------|---|
|                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | CaO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | F    | CO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | H <sub>2</sub> O |   |
| Шламовый фосфорит | 10,87                          | 40,27 | 1,94                           | 1,48                           | 0,64 | 1,54 | 20,93           | 0,49            | 14,8             | 9,34  |

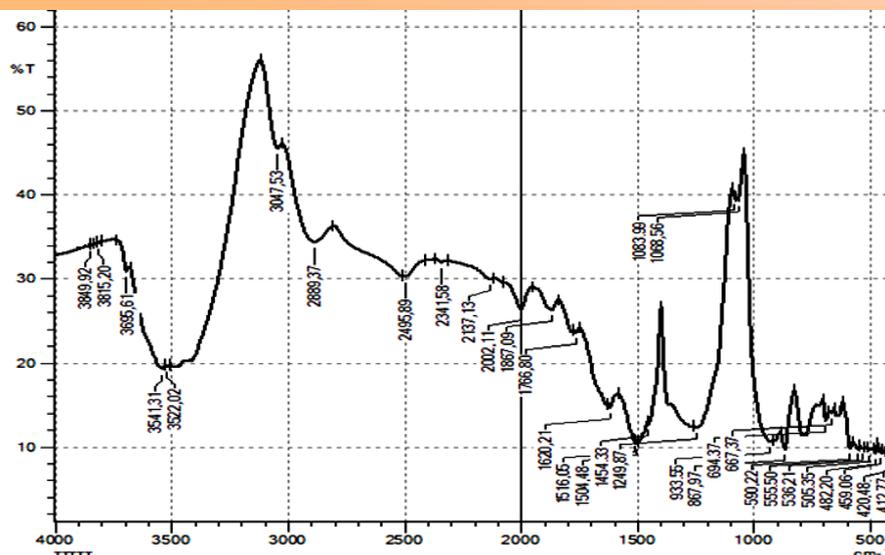


Рис. 1. ИК-спектр шламового фосфорита

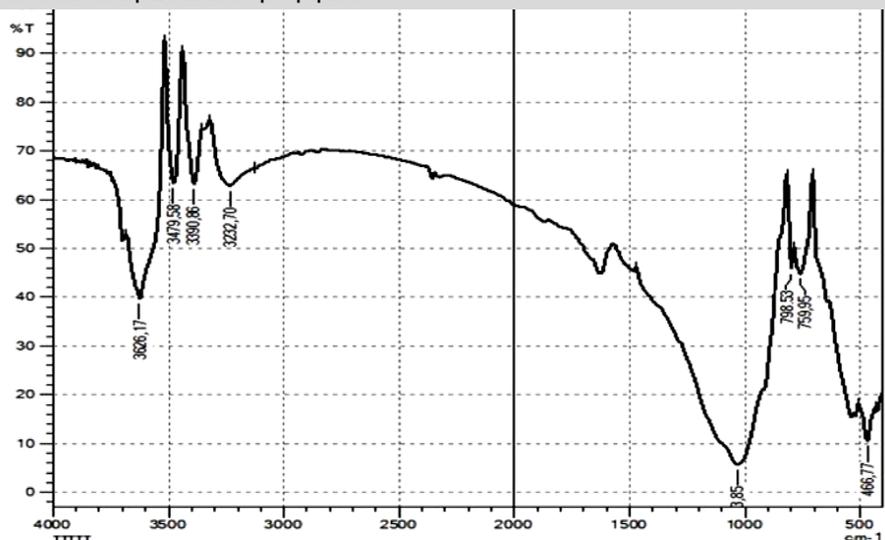


Рис. 2. ИК-спектр глауконитового песка

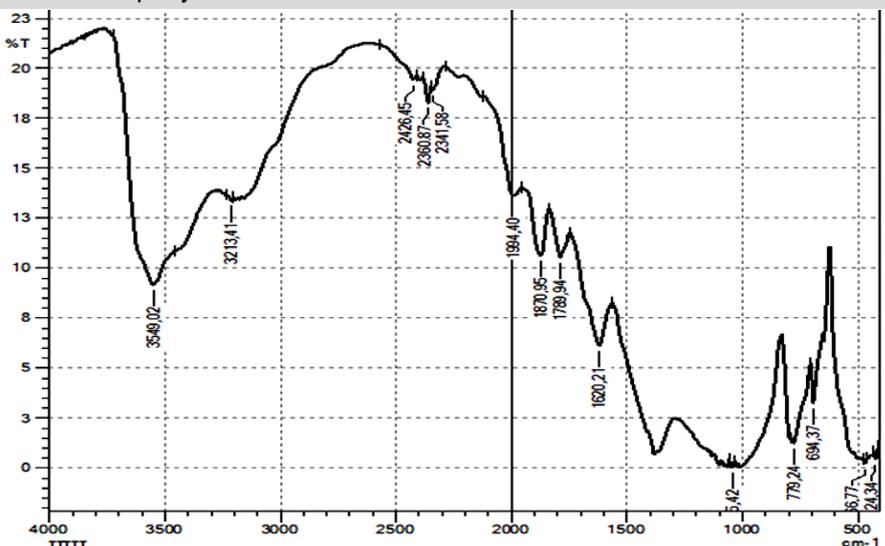


Рис. 3. ИК-спектр состава глауконитового песка и шламового фосфорита

фосфорит — 0,7-0,9%, гидроксид железа — 3,5-4,0%, гипс — 0,4-0,5% слюды — 0,2-0,3; кальцит — 0,1-0,2%. Данный состав позволяет повысить продуктивность и качество сельскохозяйственных культур. Одним из альтернативных способов расселения почв является использование глауконита, поскольку внесение глауконита уменьшает содержание солей, вредных для растений. Благодаря достаточно высокому содержанию двуокси калия (6-7%) и пятиокси фосфора (до 3,0%), глауконит может использоваться для получения калийных удобрений, или как естественное удобрение без переработки [3].

Исследованы интенсивные процессы получения минеральных удобрений путем подкисления глауконитового песка азотной кислотой с последующей обработкой низкосортного фосфатного сырья продуктами подкисления. Навески веществ помещали в фарфоровую ступку и измельчали их в течение 15 мин. до получения однородной массы. Навески переносились в мерные колбы 250 мл и к ним приливали 100 мл дистиллированной воды. Колбы с содержимым встряхивали на ротационном аппарате в течение 6 ч, а затем объем растворов доводили водой до метки, перемешивали и оставляли при комнатной температуре на 24 ч. После этого растворы отфильтровывали, а в фильтрате определяли количество водорастворимых форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Осадки с фильтрами переносили в те же мерные колбы, растворяли в 0,2 М растворе Трилона Б и определяли в нем количество усвояемых форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. При этом контроль pH-среды регулировали в пределах 7,0-8,0 путем добавления шламового фосфорита и минерализованной массы. Химический состав минерализованной массы и шламовых фосфоритов приведен в табл. 2.

На ИК-спектре шламовый фосфорит проявляет явные полосы поглощения, соответствующие антисимметричным валентным и деформационным колебаниям иона PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> в области частот 570-605 см<sup>-1</sup> и 1026-1066 см<sup>-1</sup> [4]. В спектре «НФ» частоты колебаний 713; 875; 1427; см<sup>-1</sup> относятся к карбонат-иону. Области 1041, 798 и 470 см<sup>-1</sup>, характеристичные валентным колебаниям Si-O-Si-связей силикатов. О замещении иона PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> в молекуле фторапатита на CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> группу, вероятно, можно судить по смещению максимумов полосы колебания PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> в высокочастотную область за счет наложения карбонатной полосы поглощения в составе фосфатного минерала.

Также полоса поглощения тетраэдра PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> перекрывается с полосой поглощения силикатов (область 1041-1068 см<sup>-1</sup>). В области 1620 и 3529 см<sup>-1</sup> имеются полосы поглощения, характерные валентным и деформационным колебаниям кристаллизационной, а также физически адсорбированной на поверхности зерен минералов воды (рис. 1).

В низкочастотной области спектра наблюдаются полосы поглощения с максимумами при  $466\text{ см}^{-1}$  и широкая асимметричная полоса с максимумом при  $1050\text{ см}^{-1}$ . Более детальное соотношение частот спектра показало, что область поглощения  $466\text{ см}^{-1}$  соответствует колебаниям Fe-O связей.

Основная полоса валентных колебаний мостиковых Si-O-Si(Al) и не мостиковых Si-O связей проявляются на  $1050\text{ см}^{-1}$ . Ширина максимума  $1050\text{ см}^{-1}$  обусловлена замещением трехвалентных ионов  $\text{Al}^{3+}$  в узлах  $\text{Si}^{4+}$  с тетраэдрической координацией, вызывающей увеличение в среднем расстоянии (Si,Al)-O и изменение приведенной массы соответствующих осцилляторов за счет взаимодействия атомов частиц с адсорбированными на межслоевые пространства молекулами воды. Известно, что частота валентного колебания связи Si-O уменьшается линейно с увеличением доли ионов алюминия в положении с тетраэдрической координацией.

В средней области спектра наблюдается полоса поглощения с максимумом при  $1637\text{ см}^{-1}$ , которая отнесена к деформационным колебаниям групп OH- в вершинах кремнекислородных тетраэдров, валентным колебаниям C-O связи карбонатной группы  $\text{CO}_3^{2-}$ , полоса поглощения деформационных колебаний которого наблюдается в области  $759\text{--}798\text{ см}^{-1}$ . Следует также отметить, что соответствующие полосы поглощения иона нитрата  $\text{NO}_3^-$  также наблюдаются в этих областях спектра.

В области валентных колебаний OH-групп наблюдается интенсивная полоса с максимумом на  $3232\text{ см}^{-1}$ . Известно, что в глауконите присутствуют  $\text{OH}_n$ -группировки двух форм ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), одна из которых представляет собой связанные с обменными катионами межслоевого пространства молекулы воды, а другая – SiOH-группы. Связи O-H, принадлежащие молекулам воды и гидроксильным группам имеют разные силовые константы, следовательно различные частоты колебания. Частота деформационных колебаний O-H, в отличие от валентных, изменяется в очень узком интервале, и при этом ее значение зависит не только от силы водородной связи. Расчетные частоты валентных колебаний OH-групп, связанных водородной связью имеют частоты  $3550\text{--}3450\text{ см}^{-1}$  (димеры) и  $3400\text{--}3200\text{ см}^{-1}$  (ассоциаты), тогда как несвязанных OH-групп  $3650\text{--}3580\text{ см}^{-1}$ . Следовательно, полосу поглощения при  $3626\text{ см}^{-1}$  можно отнести к валентным колебаниям  $\text{OH}_n$ -групп молекул воды межслоевого пространства. Молекулы воды в полостях кристалла занимают ряд возможных состояний по числу водородных связей:  $\text{H}_2\text{O}$  с одной, одинаковыми или различными по силовой константе двумя, тремя и четырьмя водородными связями на мо-

лекулу. Выяснилось, что даже не имея водородной связи с окружением, молекулы воды показывают небольшой низкочастотный сдвиг по сравнению с частотой в свободном состоянии. Дополнительно к водородной, молекулы воды в межслоевом пространстве, образуют через атом кислорода связь с щелочным катионом, что также приводит к изменению частот валентных колебаний. Следовательно, широкий и асимметричный профиль этой полосы поглощения связаны с высокой дисперсностью минерала и присутствием в его структуре смектиновых межслоевых промежутков (рис. 2).

Таким образом, сравнительный анализ ИК-спектров образцов глауконита показали, что наблюдаемый в ИК-спектре основные полосы поглощения, характерных для гидрослюд (кремнекислородных групп), не имеют существенных различий. Структурный анализ по ИК-спектрам сводится к отысканию характеристических полос поглощения и их отнесению к соответствующим структурным элементам. Отнесение проводится с учетом численных значений частот максимумов поглощения, контура и интенсивности полос.

Для расшифровки полос в области  $1500\text{ см}^{-1}$  требуется дополнительная информация о наличии соответствующих группировок (сведения о происхождении, составе и структуре исследуемого вещества), поскольку в этой области происходит наложение полос таких групп, как галогены,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , атомов водорода при двойных связях.

В ИК-спектрах большой активностью обладают полосы, соответствующие антисимметричным валентным и дифракционным колебаниям иона  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $960\text{--}1032\text{ см}^{-1}$ ) и ( $550\text{--}617\text{ см}^{-1}$ ) в составе фосфатного вещества.

Частоте колебаний при  $1411\text{--}1370\text{ см}^{-1}$  принадлежат характерные валентные и деформационные колебания кристаллизационной воды. Средней интенсивности полосы поглощения при  $3200\text{--}3540\text{ см}^{-1}$  характеризуют основные валентные колебания воды в составе глинистых минералов, кристаллогидратов, а также физически адсорбированной воды на поверхности зерен минералов. Основные колебания иона (области  $1032\text{ см}^{-1}$ ) перекрываются сильными полосами поглощения аниона  $\text{PO}_4^{3-}$  (рис. 3).

Таким образом, исследованиями установлено, что при введении в систему фосфоритов улучшается гранулометрический состав и качество готового продукта. При обработке глауконита с 30-60%-ными нормами азотной кислоты, получается гранулированное сложное удобрение, в котором более 68-86%  $\text{P}_2\text{O}_5$  находится в усвояемой форме.

## Библиографический список:

1. Теория и практика химического анализа почв. Под ред. Л.Н. Воробьева. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
2. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.
3. Рудмин М.А. и др. О возможности использования в сельском хозяйстве глауконита // Известия Томского политехнического университета. – Томск: Инжиниринг георесурсов, 2016. – Т. 327. – № 11. – С. 6-16.
4. Sh. Namazov, U. Temirov, N. Usanbayev. Reserarch of the Process of Obtaining Organo-Mineral Fertilizer Bazed on Nitrogen Asid Decompozition of Non-Contivation Poshporirites of Central Kyzylkumes and Poiltru Cultivation Waste // International Jornal of Innovative Technologu and Exploring engineering (India). – Volume 8. – Issue 12. – 2019. – pp. 2260-2265.
5. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. / Под. ред. Пентина Ю.А. – М., 1966. – 412 с.
6. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. В 2-х томах. – М., 1957 г, т.1. – 868 с.
7. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. В 2-х т. – М.: Недра. 1966. – 330 с.
8. Печковский В.В., Мельникова Р.Я. и др. Атлас инфракрасных спектров фосфатов (ортофосфаты). – М.: Наука. 1981.-248 с.
9. Л.Е. Цыганкова, А.С. Протасов, В.И. Вигдорович, А.И. Акулов. Глауконит Бондарского месторождения Тамбовской области- перспективный полифункциональный сорбент. ISSN 1810-0198 Вестник ТГУ, т.17, вып.2, 2012
10. Сухарев Ю.И., Кувькина Е.А. Уральский глауконит и возможности его применения для очистки воды от техногенных загрязнений// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия "Строительство и архитектура". - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. - №5 (05). - Вып.1. - С. 59 - 62.

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОЦЕССА ОБЖИГА ПРОДУКТА ХВОСТОВ ЦИАНИРОВАНИЯ БИОКЕКА ГМЗ-3



**Нарбадалов Ш.И.,**  
директор ГМЗ-3,  
НГМК



**Гафуров К.У.,**  
начальник инновационного  
центра НГМК



**Аликулов М.Ю.,**  
директор ГМЗ-5  
НГМК



**Калонов А.К.,**  
зам. гл. инженера  
ГМЗ-3 по НТиТ, НГМК

*Oltin-mishyakli uglerodli konsentratlar ayniqsa doimiydir. Ulardagi oltin arsenopirit bilan bog'lanadi va konsentrat tarkibidagi uglerodli slanets oltin-siyanid komplekslariga nisbatan yuqori sorbsion faollikka ega. Ushbu konsentratlarni qayta ishlash sxemasi ko'mir slanetsining bir qismini oldindan flotatsiya bilan olib tashlashni, flotatsion konsentratni bakterial yuvib tashlash va biokekni siyanatsiyalashni nazarda tutadi. Ushbu maqolada, mazkur jarayonlarning tadqiqot natijalari to'liq aks ettirilgan.*

**Tayanch iboralar:** oltin, o'jar rudalar, biokek, arsenopirit, konsentrat, sianlash, flotatsiya, bakterial eritmalar, sulfidli minerallar.

*Золотомышьяковые углистые концентраты отличаются особой упорностью. Золото в них связано с арсенопиритом, а присутствующие в концентрате углистые сланцы обладают высокой сорбционной активностью по отношению к золоту цианистым комплексам. Схема переработки этих концентратов предусматривает предварительное удаление части углистых сланцев флотацией, бактериальное выщелачивание концентрата флотации и цианирование биокека.*

**Ключевые слова:** золото, упорные руды, биокек, арсенопирит, концентрат, цианирование, флотация, бактериальное выщелачивание, сульфидные минералы.

По действующей схеме ГМЗ-3, пульпа с 6-х реакторов БИОКС объединяется и поступает в зумпф далее в промежуточный смеситель, где происходит первоначальное разбавление верхним сливом сгустителя ПТД-2 и отмывка продукта. В промежуточный смеситель подается также серная кислота. Подкисленный до pH - 1÷1,2 продукт последовательно поступает в промежуточные смесители сгустителей ПТД-1, ПТД-2, ПТД-3, в которых осуществляется его отмывка от примесей. Для промывки в сгуститель ПТД-3 подается промывная вода с контура оборотной воды цеха биоокисления. После промывки и сгущения продукт поступает на узел предварительного защелачивания, где уровень pH доводится до 7,5÷8,5 и далее направляется на сгуститель КОВ-2 для сгущения. Сгущенный продукт направляется в отделение сорбции КЕМИКС для 2-стадии защелачивания и последующего сорбционного выщелачивания. Хвосты сорбции биокека подвергается окислительному обжигу, продукт обжига - огарок направляется на сорбционного выщелачивания. Все технологии непосредственно включают бактериальное разложение сульфидных и мышьяк содержащих минералов, очистку бактериальных растворов после выщелачивания с использованием их в обороте и цианирование кеков выщелачивания. Процесс бактериального выщелачивания проводится в две стадии в реакторах с различной интенсивностью перемешивания. Условия выщелачивания следующие: Т:Ж = 1:4, крупность концентратов 90-95% класса - 0,074 мм, температура 38-42° С, pH пульпы 1,1-1,3. Регенерацию отработанных бактериальных растворов проводят нейтрализацией их известняком до pH = 7,0. Степень окисления арсенопирита после 96 ч бактериального выщелачивания достигает 80-90%. Схема переработки высоко мышьяковистого золотосодержащего концентрата включает две стадии бактериального выщелачивания. После второй стадии содержание мышьяка в кеке выщелачивания составляет 1,0-1,5% (4,5-5,0% мышьяка в исходном концентрате). Извлечение сульфидного мышьяка при этом достигает 85-90%. При цианировании продукта бактериального выщелачивания (биокек) извлечение золота составило 84-85% против 8,0-10% без предварительного бактериального вскрытия концентратов. Золотомышьяковые углистые концентраты

отличаются особой упорностью. Золото в них связано с арсенопиритом, а присутствующие в концентрате углистые сланцы обладают высокой сорбционной активностью по отношению к золоту цианистым комплексам. Схема переработки этих концентратов предусматривает предварительное удаление части углистых сланцев флотацией, бактериальное выщелачивание концентрата флотации и цианирование биокека. При бактериальном выщелачивании в течение 96 ч содержание мышьяка в концентрате снижается с 4,5-5,0% до 1,0-1,5% при степени окисления арсенопирита 93-95%. После сорбционного цианирования остатков выщелачивания извлечение золота составляет 84-85%, тогда как цианирование исходных концентратов без бактериального выщелачивания позволяет извлечь только 8,0-10% золота. Получаемый флотацией концентрат содержит до Au-20-25 г/т, Ss-14-18%, Сорг-1,0-1,5%, As-4,0-5,0% и может перерабатываться, по схеме биоокисление, цианирование биокека и обжиг хвостов цианирование. Окислительный обжиг имеет целью разложение сульфидных минералов в условиях высоких температур в присутствии в качестве реагента-окислителя кислорода воздуха. В результате обжига достигается высокая степень разложения сульфидных минералов с выделением серы и мышьяка в виде газообразных соединений сернистого газа и оксида мышьяка. При этом железо и цветные металлы в огарке присутствуют в виде соответствующих оксидов, характеризующихся пористой структурой.

При переработке арсенопиритных концентратов обжиг проводят в две стадии: низкотемпературный (400-450°С) с отгонкой соединения трехвалентного мышьяка (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и высокотемпературный (700-750°С) с разложением пирита, пирротина и других сульфидов и удалением серы в виде SO<sub>2</sub>. Осуществление обжига мышьяк содержащего сырья в одну стадию при температуре 700-750°С приведет к пере окислению мышьяка до пятивалентного, что исключит его отгонку. Концентрирование мышьяка в виде As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> огарке снижает результаты последующего цианирования золота. Достижение высокой степени десульфурзации перерабатываемого сырья представляется весьма сложной задачей по причине местного перегрева минеральных зерен и соответствующего оплавления огарка вследствие образования легкоплавких эвтектик пирротина и магнетита. Из практики известно, что извлечение золота из

Таблица 1

Количество тепла, выделяющееся при обжиге пирита и пирротина

| Реакция  | Тепловой эффект реакции, ккал | Количество выделяющегося тепла, ккал/кг  |                |                            |
|--|-------------------------------|--|----------------|----------------------------|
|  |                               | Чистого вещества, поступающего в реакцию | Сгорающей серы | Получаемой SO <sub>2</sub> |
| $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ | 790,52                        | 1644                                     | 3080           | 1540                       |
| $3\text{FeS}_2 + 8\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{SO}_2$   | 566,00                        | 1575                                     | 2940           | 1470                       |
| $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$    | 591,41                        | 1680                                     | 4640           | 2320                       |
| $3\text{FeS}_2 + 5\text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_2$   | 416,65                        | 1575                                     | 4340           | 2170                       |

огарков окислительного обжига в цианистые среды не превышает 70-85 %. Последнее обусловлено неэффективностью подготовки сырья к выщелачиванию. Огарок окислительного обжига, представляющий собой смесь кислородных и сульфидных соединений металлов, может быть направлен на процесс сорбции огарка.

В соответствии с установленными зависимостями процесс обжига ускоряется при повышении температуры, увеличении концентрации кислорода, уменьшении размера частиц пирита и увеличении интенсивности перемешивания пирита с кислородом. Из перечисленных параметров наибольшее значение имеет температура. При недостаточно высокой температуре обжига (ниже 500°C) скорость окислительно-восстановительных реакций невелика, и в огарке остаётся заметное количество не полностью окисленных частиц пирита. С повышением температуры обжига окисление пирита протекает быстрее и полнее. Однако при температурах, превышающих 900-950°C, возможно частичное оплавление огарка вследствие образования относительно легкоплавких эвтектических смесей. Огарок представлен пирротинном, сохраняющем свою пористую структуру. Скорость процесса обжига пирита при температурах выше 600°C лимитируется скоростью реакции окисления пирротина:

Процесс обжига флотационного колчедана, содержащего 40-45% сульфидной серы, ведут при температуре 600-900°C. Интенсивность обжига зависит также от размера частиц пирита. При уменьшении размера частиц скорость процесса обжига возрастает, но увеличивается пыле вынос. С другой стороны, чем больше размер частиц пирита, тем большую скорость газового потока можно допустить в печи и тем интенсивнее будет процесс обжига. Поэтому эти два фактора - скорость воздуха (кислорода) и крупность частиц пирита следует учитывать при расчёте и проектировании печей КС. На показатели обжига пирита существенно влияет концентрация кислорода в газовой фазе. При низкой концентрации кислорода скорость окисления пирита снижается, что может привести к высоким остаточным содержаниям пирита в огарке. В то же время при чрезмерно высокой концентрации кислорода скорость в условиях теплообмена, температура обжигаемых зёрен может превысить опасный предел (900-950°C). В результате этого огарок оплавляется. Вследствие большого количества тепла, выделяемого на поверхности частиц сульфидов при обжиге, температура огарка в момент окисления существенно превышает температуру окружающей среды в зоне обжига. В зависимости от скорости протекания реакций окисления и условий теплообмена между частицами огарка и газовой фазой, величина «перегрева» огарка может колебаться в широких пределах. Наблюдениями установлено, что обжиг флотационного колчедана крупностью 0,12 мм во взвешенном состоянии при температуре 550-600°C обеспечивает скорость выгорания сульфидной серы за несколько секунд. Результаты микроскопических исследований показали, что огарки, полученные в этих условиях, характеризуются заметно оплавленной структурой. В табл. 1. приведены данные по количеству тепла выделяющегося при обжиге пирита и пирротина.

В целом можно утверждать, что окислительный обжиг пирита протекает по схеме:  $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Процесс окисления пирита начинается при температурах 450-500°C. Процесс сопровождается образованием на поверхности обжигаемых зёрен пористых минеральных корочек, состоящих из оксидов железа, главным образом, гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Определённая часть пирита в этих условиях остаётся незатронутой окислительным процессом и сохраняется в огарке в виде плотных реликтовых остатков  $\text{FeS}_2$  во вновь образованном пористом гематите. Характерно, что получаемый при данной температуре огарок обладает, как правило, ярко выраженными ферромагнитными свойствами. Это указывает на присутствие в нём, помимо основных компонентов ( $\text{FeS}_2$ ,

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), некоторых количеств магнитных соединений железа-пирротина  $\text{FeS}$  и магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Представленные выше положения о влиянии основных факторов на скорость обжига флотационного колчедана в полной мере относятся и к обжигу золотосодержащих пиритных флотоконцентратов и руд. Вместе с тем окислительный обжиг золотосодержащих пиритных флотоконцентратов и руд имеет ряд особенностей. Во-первых, главной целью окислительного обжига золотосодержащих пиритных флотоконцентратов и руд является получение огарков, из которых достигается максимальное извлечение золота цианированием. При обжиге флотационного колчедана основная цель получение двуокиси серы для производства серной кислоты. Во-вторых, золотосодержащие пиритные флотоконцентраты отличаются широким разнообразием вещественного и минерального состава.

Обращает на себя внимание тот факт, что количество нецианируемого золота в огарках с увеличением температуры обжига выше определённого предела увеличивается (извлечение Au снижается). Это объясняется тем, что в процессе окислительного обжига концентратов, наряду с термохимическим вскрытием золотосодержащих сульфидов, протекает обратный процесс депрессии золотосодержащих сульфидов, протекает обратный процесс депрессии золота рудными компонентами огарков, величина и характер которой зависит от вещественного состава концентратов и принятой температуры обжига.

Для определения формы нахождения золота в пробах хвостов сорбции биокека, огарка печи КС и пыли КС был проведен рациональный анализ. Результаты представлены в табл.3. В исходных хвостах сорбции биокека доля свободного цианируемого золота составила 10,7%, большая часть золота связана с сульфидными и углеродистым веществом - 40%. По мере проведения обжига доля цианируемого золота возрастает, но при этом растёт процент металла ассоциированного с антимонитом и аморфным кремнеземом покрытого пленками (цианируемое после обработки NaOH). В пробах пыли КС при увеличении доли свободного цианируемого золота увеличивается также процент металла ассоциированного с антимонитом и аморфным кремнеземом покрытого пленками, но при этом из-за неполного выгорания органического углерода, извлекаемое золото цианированием ассоциированного с углеродистым веществом снижается только на 16,6%.

Дообжиг огарка в течение 1 ч повышает процент извлечения золота на 5,3% (с 25,1 до 30,4%), дообжиг 1,5 ч увеличивает извлечение еще на 4,2%. Необходимо отметить, что полученные результаты по цианированию огарка с предварительным его измельчением подтвердили предположения о положительном влиянии помола на раскрытие металла.

При измельчении исходного огарка КС процент извлечения повышается на 14,8% (с 25,1 до 39,9%), содержание золота в хвостах сорбции снижается с 3,55 г/т до 2,85 г/т. Лучший результат получен при цианировании огарка дообожженного в течение 1,5 ч, с последующим его доизмельчением, извлечение золота составило 47,6%, при содержании в хвостах сорбции 2,5 г/т.

Далее на исходном и дообожженных огарках были проведены опыты со щелочной обработкой. Обработки были проведены при механическом перемешивании, при Т:Ж=1:2 и концентрации NaOH=75 г/л, с подогревом пульпы Т=75-80°C, время обработки 2 ч. После была проведена отмывка водой до pH=11,0 с последующим сорбционным цианированием. По полученным результатам видно, что предварительная щелочная обработка оказывает положительное влияние на извлечение золота из огарка КС. Извлечение золота из исходного огарка в режиме 8 часов выщелачивания составило 46,8%, на 21,7% выше (25,1%). Извлечение золота из огарка дообожженного в

Таблица 2

| Концентраты | Содержание, % |      |     |      | Содержание Au, г/т |
|-------------|---------------|------|-----|------|--------------------|
|             | Fe            | Ss   | As  | Sb   |                    |
| 1           | 9,4           | 11,6 | 0,9 | 0,8  | 35,2               |
| 2           | 38,2          | 39,2 | 1,7 | 0,3  | 118,3              |
| 3           | 23,3          | 32,6 | 9,6 | -    | 27,1               |
| 4           | 18,2          | 18,1 | 0,9 | 2,2  | 15,6               |
| 5           | 7,5           | 14,3 | 0,8 | 15,6 | 30,2               |

Таблица 3

| Наименование пробы                    | Содержание, % |         |                 |                |                  |                  |                 |      |      |      |
|---------------------------------------|---------------|---------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------|------|------|
|                                       | Au, г/т       | Ag, г/т | S <sub>об</sub> | S <sub>s</sub> | C <sub>общ</sub> | C <sub>орг</sub> | CO <sub>2</sub> | As   | Sb   | Fe   |
| Хвосты сорбции биокека исходная проба | 4,28          | 16,6    | 5,8             | 1,6            | 2,60             | 2,3              | 1,10            | 0,52 | 0,20 | 3,50 |
| Огарок в две стадии                   | 4,68          | 15,4    | 2,7             | <0,2           | 0,17             | <0,1             | 0,29            | 0,56 | 0,24 | 4,30 |

течение 1 ч повысилось на 29,3%, в течение 1,5 ч на 34,8%, при снижении в хвостах сорбции с 3,32 г/т и 3,12 г/т до 1,92 и 1,46 г/т соответственно.

Из проведенных исследований на пробе огарка из печи КС можно сделать выводы, что повышает извлечение металла сверхтонкое измельчение и предварительная щелочная обработка.

Проведенные повторные опыты по цианированию огарка печи КС подтверждают, что сверхтонкое измельчение огарка, щелочная обработка, сверхтонкое измельчение с щелочной обработкой положительно влияло на раскрытие металла и при этом увеличилось извлечение металла, основной элемент в хвостах сорбции снизился до 0,6 г/т. А также проведены опыты по влиянию времени сорбционного цианирования на извлечение основного элемента. Увеличение времени сорбционного цианирования не влияло на извлечение основного элемента.

**Условия щелочной обработки:** Концентрация NaOH-70 г/л, время обработки - 2 часа, Т:Ж=1:2, после была промывка технической водой до pH=12,0.

**Условия сорбционного цианирования огарка:** Т:Ж = 1:2,7. Концентрация (NaCN) - 1000 мг/л, pH - 10,5-11,0, время сорбции - 8 ч, одновременная загрузка угля - 3,0%. Время окислительного обжига - 2,0 ч. Влажность исходного продукта перед обжигом - 18%.

Результаты обжига подтверждают, что при росте температуры снижается извлечение золота при сорбционном цианировании, но при этом увеличивается доля золота цианируемого после обработки NaOH. При увеличении температуры обжига 550, 600, 650 °C соответственно растет доля золота покрытого пленками 8,3%; 21,5%; 31,5%.

Для изучения влияния продолжительности обжига на извлечение основного элемента, провели обжиг при температурах 500, 550, 600, 650 °C при продолжительности 10, 20, 30, 40, 50, 60 мин. Повышение температуры и продолжительности обжига будет способствовать увеличению доли форм золота цианируемых только после щелочной обработки. Максимальное извлечение достигается при температуре обжига 500, 550, 600, 650 °C соответственно 50 мин (75,3%), 40 мин (70,5%), 30 мин (55,4%), 20 мин (40,3%). Результаты обжига показывают, что при увеличении температуры каждые 50 °C снижается доля извлеченного золота при сорбционном цианировании и время обжига максимально извлекаемого золота при цианировании на 10 мин. Огарок обожженный при T=500 °C 50 мин и T=550 °C 40 мин показывает одинаковое содержание по сере сульфидной и органическому углероду S<sub>s</sub> - 0,20%, Сор<sub>г</sub> - 0,36%, но извлечение основного элемента выше при 500 °C на 4,8% чем 550 °C. Практика показывает, что при температуре более 550 °C мышьяк остается в огарке в виде As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в неизменном состоянии или вступает во взаимодействие с оксидами железа, образуя арсенаты железа: Fe<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> и FeAsO<sub>4</sub>. Присутствие в огарке скородита FeAsO<sub>4</sub> приводит к образованию пленок на поверхности золотин, что затрудняет их растворение при цианировании и требует предварительной обработки огарка раствором NaOH при нагревании.

Результаты обжига класса крупности +0,074 мм показывают, что увеличение температуры ощутимо не влияло на снижение извлечения основного элемента при сорбции огарка. Но рост температуры с 550 °C до 650 °C привел к снижению извлечения основного элемента в продукте крупности класса +0,044 мм на 50,2% (с 76,1% до 25,9%). Подтверждается тот факт, что основное количество примеси, которое влияет на процесс обжига, находится в мелких классах.

Учитывая нахождение основной доли примеси в классе - 0,044 мм, что отрицательно влияет на качество огарка, соответственно на извлечение основного элемента в процессе сорбционного цианирования, обжиг был проведен двух-стадийно. В первой стадии обжиг провели при температуре T=400 °C с продолжительностью 60 мин. Вторую стадию провели при температуре T=500, 550, 600, 650 °C с продолжительностью 30, 60 мин. При росте температуры обжига T=500, 550, 600, 650 °C с продолжительностью 30 мин наблюдалось увеличение извлечения основного элемента на 20,1% (с 51,3% на 71,4%). Результат сорбции показывает, что увеличение температуры и продолжительность обжига сильно не влияет на качество огарка. Если сравнить результаты сорбционного цианирования при одностадийном обжиге при температуре обжига T=600, 650 °C продолжительностью обжига 30, 60 мин наблюдалось извлечение основного элемента соответственно 55,4 и 34,2%, 54,5 и 45,9%. При двух-стадийном обжиге, в данных условиях, извлечение достигло 61,7 и 64,5% (T=600 °C), 71,4 и 55,1% (650 °C), что показывает тенденцию роста извлечения основного элемента.

Для определения формы нахождения золота в пробах пыли КС, был проведен рациональный анализ. Результаты представлены в табл.4. В исходных пробах пыли КС доля свободного цианируемого покрывающих пленках - 47,3%. Дообжиг пробы пыли КС в диапазоне температуры обжига 650-750 °C повышает извлечение золота на 6,3%. Но при этом растет процент металла ассоциированного с антимонитом и аморфным кремнеземом, покрытого пленками (цианируемое после обработки NaOH).

Из проведенных технологических исследований на пробе пыли КС можно сделать выводы, что положительный эффект при извлечении золота получен при дообжиге пробы, при предварительной агитации керосином и при щелочной обработке продукта. Заверочный опыт был проведен на дообожженном (1,5ч. T=650 °C) продукте пыли, при тех же параметрах предварительной щелочной обработки и цианирования. Полученный результат 61,2% извлечения золота, при снижении содержания в хвостах сорбции до 2,0 г/т подтверждает сделанные выше выводы о положительном эффекте предварительной щелочной обработки на продуктах пыли печи обжига КС.

По результатам можно сделать выводы о том, что дообжиг пробы пыли КС в диапазоне температуры обжига 500-550 °C и продолжительности 30 мин повышает извлечение золота соответственно на 5,6 и 2,9%. Но при повышении температуры в диапазоне 600-650 °C, при тех же параметрах, снижает извлечение золота на 6,4 (с 51,5 на 45,1%) и 14,7% (с 51,5 на 36,8%).

Таблица 4

Результаты рационального анализа огарка хвостов сорбции биокека, огарка при 600, 750°C

| Формы нахождения золота и характер его связи с рудными компонентами   | Результаты рационального анализа. |            |                                |            |                             |            |
|---|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
|   | Хвостов сорбции биокека.          |            | Огарок хвостов сорбции биокека |            |                             |            |
|   | Ss-1,50; Сорг-2,0                 |            | Ss-0,43;Сорг-0,71 (T=600°C)    |            | Ss-0,25;Сорг-0,33 (T=750°C) |            |
|   | г/т                               | %          | г/т                            | %          | г/т                         | %          |
| 1. Свободное и в виде сростков (цианируемое)  | 0,25                              | 6,0        | 1,69                           | 36,5       | 2,51                        | 53,3       |
| 2. Цианируемое после обработки NaOH (покрытое пленками, ассоциированное с антимонитом и аморфным кремнеземом)   | 0,82                              | 19,5       | 0,98                           | 21,2       | 1,10                        | 23,4       |
| 3. Цианируемое после обработки HCl (связанное с оксидами, гидроксидами железа, карбонатами, хлоритами)  | 0,48                              | 11,4       | 0,41                           | 8,86       | 0,22                        | 4,67       |
| 4. Ассоциированное с сульфидами и углеродистым веществом в том числе:   |                                   |            |                                |            |                             |            |
| а) извлекаемое цианированием после обработки HNO <sub>3</sub> (ассоциированное с сульфидами)  | 1,26                              | 30,0       | 0,29                           | 6,26       | 0,08                        | 1,70       |
| б) извлекаемое цианированием после окислительного обжига при t = 650°C (ассоциированное с углеродистым веществом и тонковкрапленными в него сульфидами) | 1,26                              | 30,0       | 1,06                           | 22,9       | 0,60                        | 12,7       |
| 5. Тонковкрапленное в порообразующие минералы   | 0,13                              | 3,10       | 0,20                           | 4,32       | 0,20                        | 4,25       |
| <b>Итого: в исходной пробе (по балансу)</b>   | <b>4,20</b>                       | <b>100</b> | <b>4,63</b>                    | <b>100</b> | <b>4,71</b>                 | <b>100</b> |

Данными исследованиями подтверждается тот факт, что в огарке печи КС, при повышении температуры и продолжительности обжига растет процент металла ассоциированного с антимонитом и аморфным кремнеземом, покрытого пленками (цианируемое после обработки NaOH).

В таблице 4 представлены результаты сорбционного-цианирования пыли печи КС. Дообжиг при T=550°C с продолжительностью 1,0 ч дает дополнительно 15,8% извлечения. Далее на исходном и до-обоженных огарках были проведены опыты со щелочной обработкой. Обработки были проведены при воздушном перемешивании, при T:Ж=1:2 и концентрации NaOH=75 г/л, с подогревом пульпы T=80-85°C, время

обработки 2 ч. После была проведена отмывка водой до pH=11,0 с последующим сорбционным цианированием. По полученным результатам видно, что предварительная щелочная обработка оказывает положительное влияние на извлечение золота из огарка КС. Извлечение золота из исходного огарка в режиме 8 ч выщелачивания составило 47,6%, что на 7,0% выше. Извлечение золота из огарка дообоженного в течение 1 часа повысилось на 23,6%, при снижении в хвостах сорбции 2,26 г/т и 1,59 г/т соответственно. Из проведенных исследований на пробе огарка из печи КС можно сделать выводы, что повышает извлечение металла дообжиг и предварительная щелочная обработка.

## СТАНОК ТОКАРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

## НТ-250-01 НТ-250 М

Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
"Навоийский машиностроительный завод"  
www.ngmk.uz

Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 227-62-14, 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: infonmz@ngmk.uz

## THE USE OF AUTOCLAVE PROCESSES IN NON-FERROUS METALLURGY, AN OVERVIEW



**Якубов М.М.**,  
заведующий лабораторией ГУП  
«Фан ва таракиёт» ТашГТУ  
имени И.Каримова,  
д.т.н., профессор



**Мухаметжанова Ш.А.**,  
ст. преподаватель кафедры  
«Металлургия» Ташкентского  
государственного технического  
университета имени И.Каримова



**Якубов Н.М.**,  
старший научный сотрудник ГУП  
«Фан ва таракиёт» Ташкентского  
государственного технического  
университета имени И.Каримова

*Gidrometallurgiya jarayonlarini takomillashtirish va past darajadagi ma'danlar va kontsentrnlarni qayta ishlash uchun yangi texnologiyalarni ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotning asosiy vazifasi ekologik muammolarni bir vaqtning o'zida hal qilish va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni yaxshilashdan iborat. Rudalar va konsentratlarni bosim ostida qayta ishlash ushbu mezonlarga to'liq javob beradi. Bir qator afzalliklar tufayli ushbu usul metallurgiya sanoatida keng qo'llaniladi. Maqolada rangli metallar gidrometallurgiyasida avtoklav jarayonlaridan foydalanish, shuningdek, sulfidli konsentratlarga bosim ostida ishlov berishdagi ishlanmalar haqida ma'lumotlar keltirilgan.*

**Tayanch iboralar:** avtoklavda oksidlash, bosim ostida ishlov berish, sulfat kislova yordamida avtoklavli tanlab eritish, ammiak yordamida avtoklavli tanlab eritish, avtoklavda ishlov berish, sulfidli konsentrat, jarayonni optimallashtirish, rangli metallurgiya.

*Основной задачей исследований, направленных на совершенствование гидрометаллургических процессов и разработки новых технологий при переработке некондиционных руд и концентратов, является одновременное решение экологических проблем и повышение технико-экономических показателей. Данным критериям в целом отвечает обработка руд и концентратов под давлением. Благодаря ряду достоинств данный метод получил широкое применение в металлургической промышленности. В данной статье приведен обзор использования автоклавных процессов в гидрометаллургии цветных металлов, а также при вскрытии упорных золотосодержащих концентратов.*

**Ключевые слова:** автоклавное окисление, обработка под давлением, автоклавное сернокислотное выщелачивание, автоклавное аммиачное выщелачивание, автоклавное вскрытие, сульфидные концентраты, оптимизация процессов, металлургия цветных металлов.

Hydrometallurgical methods are widely used for the production of non-ferrous and precious metals.

Autoclave oxidation of sulfide products is used in the metallurgy of nickel, zinc, copper and other non-ferrous metals. Pressure oxidation in autoclaves is becoming the preferred method for processing refractory gold-bearing ores.

The development of the autoclave process in nonferrous metallurgy began in the middle of the 19th century by the Russian chemist N.N. Beketov, who established the effect of pressure on the course of chemical reactions [1,2].

I.N. Plaksin was one of the first to propose to apply the cyanidation process at an excess pressure of the oxidizing gas, to use autoclave leaching of arsenic from gold-bearing concentrates [3].

Representative technological surveys and physicochemical experiments were carried out at the University of British Columbia (Vancouver, Canada). Under the leadership of F. Forward, D. Halpern, and later E. Peters, the regularities of autoclave oxidation of sulfides in ammonia media were investigated, the regularities of homogeneous activation were studied. These works were carried out for the processing of sulphide nickel concentrates. Sherritt Gordon built a chemical and metallurgical complex in Fort Saskatchewan (Alberta, Canada), which has been successfully operating, providing the production of nickel, cobalt, ammonium sulfate. Sherritt Gordon held the vast majority of patents for autoclave technology; according to its developments, new enterprises and workshops are being built at many factories around the world. There are examples of the construction of plants using autoclave sulfuric acid leaching of zinc concentrates (Canada, Germany), autoclave leaching during the processing of refractory (to cyanidation) gold concentrates at a number of plants in the USA, Canada, and Russia.

– the number of studies on the autoclave technology for processing copper concentrates and mattes is expanding as one of the promising areas for the reconstruction of old plants and the construction of new generation enterprises

– the increased attention and rapid pace of development of autoclave processes on an industrial scale are due to a number of their advantages:

– significant intensity of processes due to the use of elevated temperatures and pressures of reaction gases;

– efficient use of gaseous reagents and environmentally sound production;

– the possibility of mechanization and automation of operations;

– more complete extraction of valuable components;

– synthesis of new materials with unique properties.

### **Autoclave sulfuric acid leaching of oxide nickel-cobalt ores**

The main methods of processing oxidized nickel ores are high-temperature autoclave sulfuric acid leaching and ammonia-carbonate leaching carried out at atmospheric pressure.

The first method was applied to the last time for ores with low content of MgO. In the case of ammonia leaching, the alkalinity of the host rocks does not play a significant role.

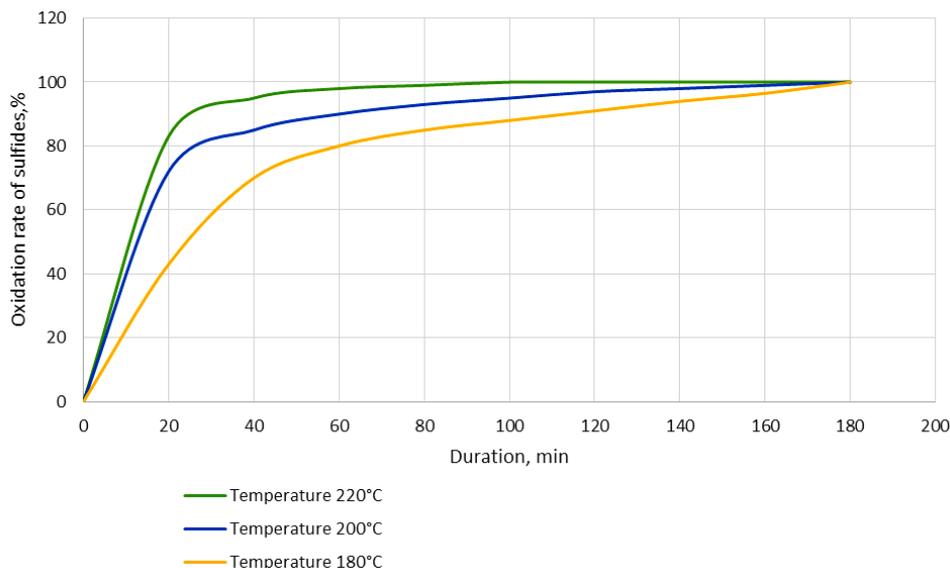
With sulfuric acid leaching, a high degree of conversion of nickel and cobalt into solution is provided. Further processing of sulfate solutions from leaching is reduced to their purification from impurities and the separation of metals (using hydrogen sulfide) in the form of a mixed nickel-cobalt sulfide concentrate.

The use of ammonia technology for the processing of oxidized nickel ores provides for the preliminary preparation of raw materials, which consists in reducing roasting. The transfer of non-ferrous metals into a solution from a reduced cinder is carried out in the form of soluble ammonia complexes. The different stability of the complexes of nickel (II) and cobalt (III) simplifies the subsequent processing of solutions. Most of the impurities (iron, aluminum, manganese, etc.) remain in the insoluble residue.

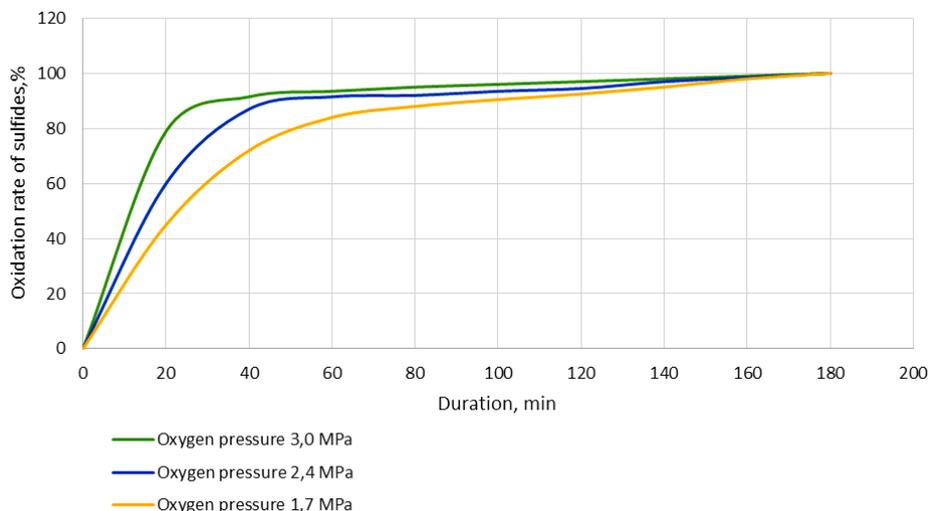
The extraction of cobalt in ammonia technology is low. Nevertheless, among the existing hydrometallurgical schemes, the ammonia-carbonate technology is recognized as the most profitable for ores with a high magnesium content.

### **Autoclave leaching in copper metallurgy**

Copper production by 85-90% is based on the use of pyrometallurgical processes, which are characterized by the inevitable problems of processing large volumes of sulfur-containing gases and the realization of sulfuric acid, storage of dump slags, and environmental damage to the technology.



**Fig. 1. Dependence of sulfide oxidation rate on the duration of autoclave oxidation at various temperatures**



**Fig. 2. Effect of oxygen partial pressure on oxidation rate of sulfides**

Repeated attempts have been made to use autoclave processes in schemes for processing sulfide concentrates and mattes, recyclable materials, a number of intermediate products of existing production (cakes, sludge).

Наиболее часто для выщелачивания медных концентратов и штейнов использовали аммиачные, серноокислотные и щелочные растворы.

The company "Sherritt Gordon" (Canada) tested on a semi-industrial scale the ammonia technology for processing chalcopyrite concentrate or sulphide cake obtained by precipitation of copper with hydrogen sulfide. Leaching of the concentrate (pulp density 20% by weight) was carried out at a temperature of 370 K and an air pressure of 0.7 MPa in a horizontal autoclave. After 12 h, the solution was recovered, %: 98 Cu, 90 Co, 92 Ni.

Of greater interest are the schemes of sulfuric acid leaching of concentrates and mattes with the oxidation of sulfide sulfur to elemental sulfur. When leaching chalcopyrite concentrate with a particle size of 80.0% - 0.044 mm ( $P_0 = 0.35$  MPa, 380 K,  $H_2SO_4$ : Cu = 1, 0,  $\tau = 2$  h), 97% of copper was recovered.

**Autoclave ammonia leaching.** In Gintsvetmet, a zinc concentrate processing scheme was investigated using autoclave ammonia leaching as a head operation.

At 410-430 K,  $P_{O_2} = 0.5$  MPa, sulfides were quantitatively oxidized in 4-6 h, while up to 98-99% of Cu, Zn, Cd, Ag was extracted into the solution. The technology provided a high complexity of the use of raw materials, however, its implementation is associated with the harsh conditions of the leaching operation, involves the construction of an independent production (except for the electrolysis department) and, given the significant volumes of zinc production, will require not only a

large-scale supplier of ammonia, but also sales significant volumes of ammonium sulfate (at least 2 tons per 1 ton of Zn). Their efficiency is inferior to the efficiency of sulfuric acid technologies and is largely determined by the terms of sale of the by-product, ammonium sulfate.

**Neutral leaching** The principles of this method were investigated by Gipronickel for leaching zinc concentrates in order to obtain vitriol. The concentrate was treated at 470 K,  $P_{O_2} = 1.0$  MPa; after 6-8 h, 98-99% Zn was recovered into the solution; after fine purification of the solution from impurities, it was evaporated; after crystallization technical zinc sulfate was obtained. This solution is interesting for local production of small capacity, organized on the basis of local raw materials and a specific consumer.

**Sulfuric acid leaching.** Sulfuric acid solutions were used as a solvent in the processing of collective zinc sulfide concentrates and intermediate products, a number of zinc-containing intermediates (sludge, cakes, fumes, dust).

Technological possibilities of using sulfuric acid autoclave leaching in the classical scheme of zinc production were first established and formulated by Sherritt Gordon. She selected parameters that ensure the extraction of at least 96-97% Zn into the solution in 1 stage; it was found that, due to the fusion of the formed elemental sulfur, the process of zinc dissolution practically stops at  $T = 385-390$  K. The authors of this work for the first time formulated the principles of cooperation of a one-stage autoclave leaching of concentrates with a standard hydrometallurgical scheme for zinc production.

The technology of sulfuric acid leaching of zinc concentrates was not commercialized due to the difficulty of maintaining the used temperature regime; exceeding the

latter caused local submelting of elemental sulfur, which led to "deposition", overgrowing of the apparatus and mixing devices. However, with the recent appearance of special surfactants (surfactants) that prevent the negative effect of fused elemental sulfur, this technology has a promising future.

### Autoclave processes in precious metal metallurgy

Among the various types of gold-bearing ores, a special place is occupied by ores in which gold is in close association with sulfide minerals, most often with arsenopyrite and pyrite [4]. Such gold is not recovered by cyanide, even after ultrafine grinding. According to the authors [5], the share of ores containing "refractory gold" is more than 30% of the total gold reserves in the world.

A serious problem in the processing of refractory ores is the need to remove the arsenic contained in them in forms that are relatively harmless and suitable for storage or disposal.

Among hydrometallurgical technologies, the most promising are methods of autoclave and bacterial dissection with subsequent cyanization of solid residues.

When applied to gold-bearing raw materials, two possible options for autoclave technology are considered to be interesting:

1. Autoclave treatment (leaching, oxidation) of sulfides with the preservation of gold and silver in an insoluble residue, from which they can be extracted by cyanidation or other hydrometallurgical methods.

2. Autoclave (for example, oxygen-ammonia) leaching, in which the process of treatment gold-bearing sulfides is combined in time and equipment with the process of gold dissolution.

For refractory ores and concentrates, gold in which is closely associated with iron sulfides (pyrite and arsenopyrite), the first of the above options is the most developed.

The essence of the autoclave method for treating refractory gold is the oxidation of gold-bearing sulfide concentrates in an aqueous medium with the interaction of oxygen at high temperatures and pressure. Finely dispersed gold associated with sulfides is released and becomes available for leaching with cyanide solutions.

The main factors determining the rate and degree of oxidation of sulfides in an autoclave are temperature and oxygen partial pressure.

Autoclave leaching of sulphide gold-bearing concentrates can be carried out in both acidic and alkaline media.

The first industrial POX (Pressure oxidation) unit for processing refractory gold-bearing raw materials was built at McLaughlin Gold Mine (USA) in 1986 [6]. Currently, the practice of autoclaving refractory gold is used in countries such as Canada, USA, New Guinea, New Zealand, Finland, Russia, etc.

The autoclave method of treating precious metals has the following advantages: higher gold recovery; absence of gas emissions of arsenic and sulfur compounds; withdrawal of arsenic in the form of low-toxic iron arsenate, which can be discharged into an ordinary tailing dump; low sensitivity to the presence of impurities such as antimony and lead in raw materials (which reduce gold recovery in the case of roasting); the possibility of processing both flotation concentrates and ores directly.

Autoclave leaching, being the head operation of most raw material processing schemes, allows solving the following technological problems:

- selective extraction of a valuable element from raw materials as the most common leaching option (restructuring bauxite, rare metal ores and concentrates, zinc, copper, nickel-cobalt concentrates and mattes, etc.);
- complete dissolution of raw materials, most often intermediate products, collective cakes;
- conditioning (or chemical enrichment) of raw materials: removal of silicon dioxide, calcium oxide, associated impurities such as arsenic, antimony;
- a change in the phase composition of raw materials as a way of preparing it for another type of leaching: for example, oxidative leaching of refractory gold-bearing ores - for subsequent cyanidation;
- oxidative leaching of sulphide concentrates as a source of acid for the leaching of oxide ores and concentrates (uranium, manganese, nickel);
- separation of polymetallic concentrates and mattes (copper-zinc, copper-nickel);
- obtaining elemental sulfur as a more transportable, easier to store product.

Therefore, the issues of improving and intensifying the autoclave leaching operation are urgent problem.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №3 (82) pp. 70-72

## THE USE OF AUTOCLAVE PROCESSES IN NON-FERROUS METALLURGY, AN OVERVIEW

<sup>1</sup>Yakubov M.M., Head of the laboratory of the State Unitary Enterprise "Fan va taragiyot" at the Tashkent State Technical University named after I. Karimov

<sup>1</sup>Mukhametjanova Sh.A., Senior Lecturer of the Department of Metallurgy, Tashkent State Technical University named after I. Karimov

<sup>1</sup>Yakubov N.M., Senior Researcher of the State Unitary Enterprise "Fan va taragiyot" at the Tashkent State Technical University named after I. Karimov

<sup>1</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

### Abstract:

The main task of research aimed at improving hydrometallurgical processes and developing new technologies for processing substandard ores and concentrates is to simultaneously solve environmental problems and improve technical and economic indicators. The processing of ores and concentrates under pressure fully meets these criteria. Due to a number of advantages, this method is widely used in the metallurgical industry. This article provides an overview of the use of autoclave processes in the hydrometallurgy of non-ferrous metals, as well as in the opening of refractory gold-bearing concentrates.

**Key words:** autoclave oxidation, pressure treatment, autoclave sulfuric acid leaching, autoclave ammonia leaching, autoclave opening, sulfide concentrates, process optimization, metallurgy of non-ferrous metals.

### References

- 1.S.S.Naboichenko, L.P. Ni, Ya.M. Shneerson, L.V. Chugaev. Autoclave hydrometallurgy of non-ferrous metals. Yekaterinburg, 2002. - 940 p.
- 2.And in the clave hydrometallurgy: retros. scientific. - Auxiliary. bibliography decree, tr. (1909-2006) / Ural. state tech. un-t - U P I, dept. metallurgy of heavy colors. metals; comp. S.S. Naboichenko, T.L. Dedyukhin. - Yekaterinburg: USTU - UPI, 2007.- 323 p.
- 3.S.V. Balikov, S.S. Gudkov et al. Autoclave oxidation of gold ores and concentrates. JSC "Irgiredmet", 2016. - 70 p.
- 4.K.S. Sanakulov, U.A. Ergashev. Theory and practice of development of processing of gold-bearing refractory ores of Kyzylkum. SE "NIIMR", Tashkent 20014.
- 5.Lodeyshchikov V.V. //Non-ferrous metallurgy. 1993. No. 2. 4 p.
- 6.Thomas K.G. @Pressure oxidation overview" in Developments in Mineral Processing (ed; M D Adams). -2005. pp 346-369.

## СТАНОК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ

# НФ-1200



**ICHBM**  
**ONMZ**  
производственное объединение

Государственное предприятие НГМК  
Производственное объединение  
"Навоийский машиностроительный завод"  
www.ngmk.uz

Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879)227-62-14, 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: infonmz@ngmk.uz

SYSTEM CERTIFICATION  
ISO 9001:2000 SGS

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА ИЗ КИСЛЫХ СБРОСНЫХ РАСТВОРОВ ПРОЦЕССА БИООКИСЛЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

*Maqolada oltingugurtli konsentratlarni bakterial tanlab eritmaga o'tkazish jarayonida kislotali chiqindilaridan temirni olish bo'yicha laboratoriya tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Ushbu ishning maqsadi texnogen arsenik kislotali chiqindilaridan temirni olish, qo'shimcha mahsulot olish bilan mineral xom ashyolardan foydalanish samaradorligini oshirish.*

*Tadqiqotlar NKMK biooksidlanish blokidan olingan eritma asosida olib borildi. Ushbu ishning asosiy vazifasi kislota chiqindi eritmalarini qayta ishlash va temirni arsenik aralashmalarisiz eritmadan ajratishning optimal parametrlarini aniqlash edi.*

*Laboratoriya ishlarining natijalariga ko'ra, ammiakli suv bilan kislotali oqindi suvlardan temir va arsenik yog'ingarchilikni va kaustik soda bilan eritib, mishyakni cho'kindi qatlamlardan tozalashni o'z ichiga oladigan texnologik sxema taklif qilindi.*

**Tayanch iboralar:** refrakter rudalar, bakterial tanlab eritmaga o'tkazish temir gidroksidi, arsen kislotasi, reagent, zararsizlantirish, kaustik soda.

*В статье приведены результаты лабораторных исследований по извлечению железа из кислых сбросных растворов процесса бактериального выщелачивания сульфидных золотосодержащих концентратов. Целью данной работы является извлечение железа из техногенных мышьяксодержащих кислых отходов, повышение эффективности использования минерального сырья с получением дополнительной продукции.*

*Исследования проводили на растворе, отобранном с установки биоокисления НГМК. Основной задачей проведенной работы было определение оптимальных параметров переработки кислых сбросных растворов и выделения железа из раствора без примеси мышьяка.*

*По результатам лабораторных исследований предложена технологическая схема, включающая в себя осаждение железа и мышьяка из кислых стоков аммиачной водой и удаление мышьяка из осадка растворением едким натром.*

**Ключевые слова:** упорные руды, бактериальное выщелачивание гидроокиси железа, мышьяковая кислота, реагент, нейтрализация, едкий натрий.

Бактериальное окисление сульфидных концентратов применяется в течение многих лет и уже эффективно превратило миллионы тонн упорной руды в продукт, требующий только цианидного выщелачивания для извлечения золота. Процесс биоокисления для переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов был промышленно внедрен в 1986 году, когда технология биоокисления BIOX® была успешно применена на золотом руднике Fairview в Южной Африке [1].

Процесс показал высокую надежность, и в настоящее время в мире существует десятки подобных производств. Типичный цех биологического окисления для переработки флотационного концентрата включает в себя следующие операции: непосредственно процесс биоокисления, промывка биокека противоточной декантацией и нейтрализация кислых стоков.

При биоокислении сульфидных концентратов железа, сера и мышьяк растворяются до сульфата железа, серной кислоты и мышьяковой кислоты, которые после нейтрализации сбрасываются на хвостохранилище [2].

При нейтрализации в основном образуются два вещества: гидроокись железа и гипс, которые содержат мышьяк. Каждое из этих веществ в отдельности является полезным. Гидроокись железа является источником получения пигментов для получения красок, при необходимости её (гидроокись железа) можно использовать для получения железа (чугуна, стали). Гипс очень востребован в строительстве [3].

В мировой практике извлечение железа из сбросных мышьяксодержащих кислых растворов с последующей утилизацией мышьяка остается актуальной проблемой из-за отсутствия соответствующих технологических схем, не рентабельности процесса, связанной с дороговизной используемых реагентов при разделении, а также из-за не благоприятного экологического воздействия мышьяка на окружающую среду.

Известен способ очистки растворов от мышьяка [4], включающий осаждение мышьяка сульфидсодержащим реагентом. Недостатком этого способа, является работа персонала с токсичным сульфидсодержащим

реагентом и его вредное влияние на окружающую среду. Другой способ отделения мышьяка из растворов [5], включает контактирование раствора с гранулированным титансодержащим сорбентом. В качестве титансодержащего сорбента используют гранулированный с перхлорвинилом и прокаленный гидроксид титана в фосфатной ионообменной форме. Этот способ характеризуется повышенным расходом химических реагентов, дороговизной синтезируемого сорбента и сложностью синтеза процесса. Остальные известные способы также имеют те или иные недостатки, которые не позволяют их использовать в промышленных масштабах.

Целью данной работы является извлечение железа из техногенных мышьяксодержащих кислых отходов, повышение эффективности использования минерального сырья с получением дополнительной продукции.

Исследования проводили на растворе, отобранном с установки биоокисления НГМК. Основной задачей проведенной работы было определение оптимальных параметров переработки кислых сбросных растворов и выделения железа из раствора без примеси мышьяка.

Предварительные исследования проводились с целью разделения мышьяка и железа путем осаждения. Известно [6], что при осаждении железа (+3) и мышьяка (+5) образуется арсенат железа (FeAsO<sub>4</sub>). Стехиометрическое соотношение железа и мышьяка в арсенате железа составляет 0,75:1,0 т.е. на 0,75 гр железа приходится 1,0 гр мышьяка. Предварительные анализы показали [7] содержание в растворе железа 20-25 г/л и мышьяка 5-6 г/л. Простые расчеты показывают, что при осаждении из раствора 5-6 граммов мышьяка в осадок перейдет 3,7-4,8 гр железа, а остальные 20-21 гр останутся в растворе.

Исходный раствор представлял собой чистую, вязкую, темно-коричневую жидкость с рН-среды 1,1-1,2 (табл.1).

Для опытов использовали химический стакан V=1 л. В стакан заливали исходный раствор в количестве 700±800 гр, затем в раствор постепенно добавляли реагент и измеряли рН.

**Санакулов У.К.,**  
соискатель кафедры  
«Металлургия» ТашГУТ  
им. Ислама Каримова



**Тажибаев Д.Ю.,**  
зав. лабораторией  
Института ядерной  
физики АН РУз



**Эргашев У.А.,**  
начальник технологического  
отдела НГМК, д.т.н.



Таблица 1

### Химический анализ исходного раствора

| Fe +2 | Fe +3 | Fe <sub>общ</sub> | As <sup>+3</sup> | As <sup>+5</sup> | As <sub>общ</sub> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | pH     |
|-------|-------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|--------|
| г/л   | г/л   | г/л               | г/л              | г/л              | г/л               | г/л                           | от.ед. |
| 0,8   | 25,2  | 26,0              | 0,3              | 5,7              | 6,0               | 57,0                          | 1,21   |

Таблица 2

### Осаждение железа известковым молоком

| Объем раствора | Количество СаО | pH     | Наличие осадка | Цвет раствора |
|----------------|----------------|--------|----------------|---------------|
| мл.            | грамм          | от.ед. | есть/нет       |               |
| 800            | 5              | 1,4    | есть           | коричневый    |
| 800            | 10             | 1,7    | есть           | коричневый    |
| 800            | 15             | 2,3    | есть           | светло-кор.   |
| 800            | 20             | 3,2    | есть           | бесцветный    |

Осаждение элементов определялось по результатам анализов их концентрации в растворе после добавления очередной порции реагента и замера pH. Для осаждения железа использовали известковое молоко, аммиачную воду и едкий натр.

При осаждении железа известковым молоком осадок появлялся после первой порции извести. Осадок был белого цвета. Очевидно, что это был гипс (CaSO<sub>4</sub>). Белый цвет осадка сохранился до значения pH=1,7, при pH=2,3 осадок стал светло-коричневым, а при pH=3,2 осадок стал еще темнее, а раствор бесцветным (табл.2). Последнее свидетельствует о том, что произошло полное осаждение железа и мышьяка.

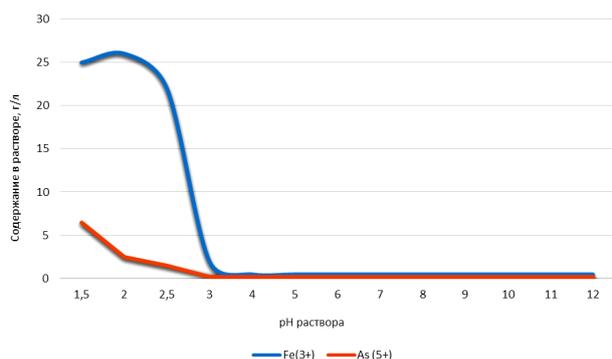


Рис.1. Изменение концентраций железа и мышьяка в исходном растворе при осаждении известковым молоком

Как видно из рис.1, с повышением pH среды, железо и мышьяк выпадают в осадок, и при pH=2,8 осаждаются все железо и весь мышьяк. При дальнейшем увеличении pH обратного растворения мышьяка не происходит. Предполагаемого разделения железа и мышьяка за счет образования арсената железа не произошло.

При осаждении железа аммиачной водой коричневый осадок появлялся после третьей порции аммиака при pH=2,4 (табл.3). Очевидно осадок - это гидроокись железа (+3).

При pH=2,8 раствор стал бесцветным. То есть произошло полное осаждение железа и мышьяка.

На начальной стадии нейтрализации концентрации железа и мышьяка изменяются незначительно; в связи с нейтрализацией свободной кислоты (рис.2).

При достижении pH свыше 2,6 начинается обильное осаждение железа и вместе с ним мышьяка.

Как видно, железо и мышьяк осаждаются одновременно, осаждение заканчивается при pH =2,8.

При дальнейшем увеличении pH (максимально смогли увеличить только до pH=10, на рисунке не показано) железо и мышьяк остаются в осадке.

Как видно из рис.3, при использовании NaOH, железо и мышьяк полностью осаждаются при pH 2,8-3,6. При дальнейшем увеличении pH, начиная с pH=8, происходит обратное растворение мышьяка. Железо остается в осадке. Осадок гидроокисей металлов представлял собой однородную, рыхлую, аморфную массу, рыже-коричневого цвета. Осадок мелкодисперсный.

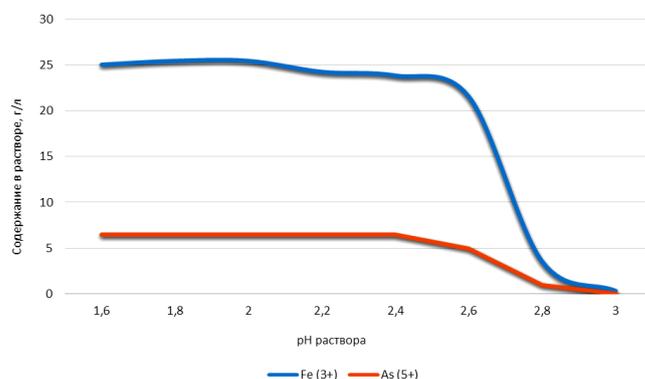


Рис.2. Изменение концентраций железа и мышьяка в исходном растворе при осаждении аммиачной водой

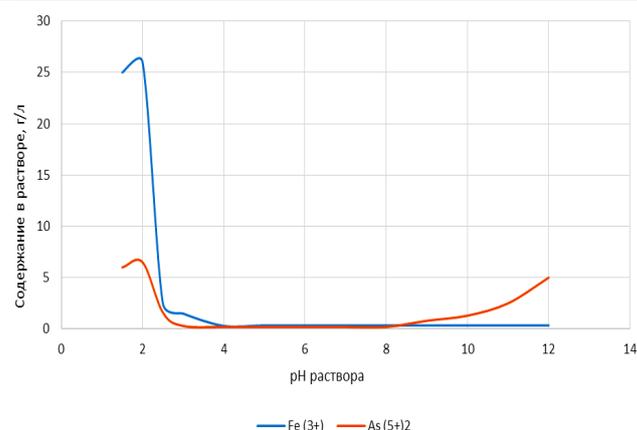


Рис.3. Изменение концентраций железа и мышьяка в исходном растворе при осаждении едким натром

Таблица 3

### Осаждение железа аммиачной водой

| Объем раствора | Количество NH <sub>4</sub> OH (25%) | pH     | Наличие осадка | Цвет раствора |
|----------------|-------------------------------------|--------|----------------|---------------|
| мл.            | мл.                                 | от.ед. | есть/нет       |               |
| 800            | 50                                  | 1,5    | нет            | коричневый    |
| 800            | 70                                  | 1,8    | нет            | коричневый    |
| 800            | 100                                 | 2,4    | есть           | светло-кор.   |
| 800            | 120                                 | 2,8    | есть           | бесцветный    |



Рис.4. Предлагаемая технологическая схема.

Таким образом, жидкая фаза продукта биоокисления содержит в себе значительное количество трехвалентного железа (25 г/л), что положительно, и определенное количество пятивалентного мышьяка (6 г/л), что отрицательно. Методом осаждения, при нейтрализации жидкой фазы, железо и мышьяк разделить не удалось. Осаждение железа и мышьяка начинается одновременно при pH = 2,0 и уже при pH=2,8 заканчивается полностью. При нейтрализации железосодержащего раствора едким натром обнаружен эффект обратного растворения мышьяка при значении pH выше 8.

## Библиографический список:

1. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов, Ташкент. ПП «НИИМР», 2014, 297 с.
2. Питер В.А., Рашидов И.Ш., Оливер И.В., Эргашев У.А., Установка БИОКС Кокпатаса. Горный Вестник Узбекистана, 2008, №3, С.12-14.
3. Санакулов К.С. К вопросу обоснования и разработки технологии переработки отходов горно-металлургических производств, Горный вестник Узбекистана. №1, 2009 г. С. 27-39.
4. Утин Е.В. «Обезвреживание и очистка от мышьяка растворов после бактериального выщелачивания упорных золото-мышьяковых концентратов». Диссертация. Москва, 1996. 25 с.
5. Санакулов У.К., Тажобаев Д.Ю. «Способ переработки кислых сбросных растворов процесса биоокисления сульфидных флотоконцентратов». Патент на полезную модель FAP 03129 от 05.06.2018 г.
6. Совмен В.К., Гуськов В.Н., Белый А.В. и др. Переработка золотоносных руд с применением бактериального окисления в условиях Крайнего Севера. Новосибирск, Наука, 2007, 144 с.
7. Вапов Х.М., Тагаев И.А., Хусенов К.Ш., Тохирова Н.Б., Изучение характера и степени растворимости некоторых элементов в составе сульфидных руд. Горный Вестник Узбекистана, 2019, №2, С.71-75
8. Санакулов У.К., Эргашев У.А. Опытные-промышленные испытания получения пигментов из кислых стоков установки биовыщелачивания. Международная конференция «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы». Навоий: издательство имени Алишера Навоий, 2019г. С. 204--207.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 73-75

## EXTRACTION OF IRON FROM ACID WASTE SOLUTIONS OF THE PROCESS OF BIOXIDATION OF SULFIDE GOLD-CONTAINING CONCENTRATES

<sup>1</sup>Sanakulov U.K., applicant of the Metallurgy Department

<sup>2</sup>Tazhibaev D.Yu., Head of the laboratory

<sup>3</sup>Ergashev U.A., Head of Technical Department, Doctor of Technical Sciences

<sup>1</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup>Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

### Abstract

The article presents the results of laboratory studies on the extraction of iron from acidic waste solutions of the process of bacterial leaching of sulfide gold-bearing concentrates.

The aim of this work is to extract iron from technogenic arsenic-containing acidic wastes, to increase the efficiency of using mineral raw materials with obtaining additional products.

The studies were carried out on a solution taken from the biooxidation unit of the NMMC. The main task of this work was to determine the optimal parameters for the processing of acid waste solutions and the separation of iron from the solution without arsenic impurities.

Based on the results of laboratory studies, a technological scheme was proposed that includes the precipitation of iron and arsenic from acidic effluents with ammonia water and the removal of arsenic from the precipitate by dissolving with caustic soda.

**Keywords:** refractory ores, bacterial leaching, iron hydroxide, arsenic acid, reagent, neutralization, caustic soda.

### References

1. Sanakulov K.S., Ergashev U.A. Theory and practice of development of processing of gold-bearing refractory ores of Kyzylkum, Tashkent. SE "NIIMR", 2014, 297 p.
2. Peter V.A., Rashidov I.Sh., Oliver I.V., Ergashev U.A., Installation of BIOXS Kokpatas. Mining Bulletin of Uzbekistan, 2008, No. 3, pp. 12-14.
3. Sanakulov K.S. On the issue of substantiation and development of technology for processing waste from mining and metallurgical industries, Gorny Vestnik of Uzbekistan. No. 1, 2009, pp. 27-39.
4. Utin E.V. "Neutralization and purification from arsenic of solutions after bacterial leaching of refractory gold-arsenic concentrates." Thesis. Moscow, 1996. 25 pp
5. Sanakulov U.K., Tazhibaev D.Yu. "Method for processing acidic waste solutions of the biooxidation process of sulfide flotation concentrates." Utility model patent FAP 03129 dated 05.06.2018
6. Sovmen V.K., Guskov V.N., Bely A.V. and others. Processing of gold-bearing ores using bacterial oxidation in the Far North. Novosibirsk, Nauka, 2007, 144 pp.
7. Vapov Kh.M., Tagaev I.A., Khusenov K.Sh., Tokhirova N.B., Study of the nature and degree of solubility of some elements in the composition of sulfide ores. Mining Bulletin of Uzbekistan, 2019, No. 2, pp. 71-75
8. Sanakulov U.K., Ergashev U.A. Pilot industrial tests of obtaining pigments from acidic effluents of a bioleaching unit. International conference "Comprehensive innovative development of the Zarafshan region: achievements, problems and prospects". Navoiy: publishing house named after Alisher Navoiy, 2019. pp. 204-207.

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ МИНЕРАЛА СОПОНИТА



**Умиров Ф.Э.**,  
профессор кафедры «Химической  
технологии», НГГИ, д.х.н.



**Музафаров А.М.**,  
главный инженер ЦНИЛ,  
НГМК, доктор PhD



**Пирназаров Ф.Г.**,  
ассистент кафедры  
«Металлургия» НГГИ



**Умиров У.Ф.**,  
стажер-исследователь НГГИ

*Maqolada Navoiy viloyatidagi Vaush konidan olingan somonitning kimyoviy tarkibi va xususiyatlarini o'rganish natijalari keltirilgan. Saponit ikki qavatli qatlamda, ba'zi joylarda saponit qatlami 10-15 sm (40-60%), ba'zi joylarda 15-20 sm (20-40%) ochiq qizil qatlam shaklida bo'ladi. Biroq, ushbu maqolada, saponit mineralining kimyoviy, mineralogik tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari kimyoviy tahlil, rentgen fazali tahlil, IR spektrometrik tahlil, rentgen floresan va mikroskopik tahlil yordamida o'rganilgan. Ilmiy tadqiqotlar saponit mineralining ko'plab xususiyatlaridan tog'-kon, metallurgiya, kimyo, qishloq xo'jaligi va boshqa ko'plab sohalarda foydalanish mumkinligini tasdiqladi.*

**Tayanch iboralar:** dolomit, saponit, kimyoviy tarkibi, mineralogik tarkibi, fizik-kimyoviy xususiyatlari, IQ-spektrometrik tahlil, rentgen nurlari va mikroskopik tahlil, rentgen fazasi, kimyoviy xossalari, tog'-kon va metallurgiya, kimyo sanoati, qishloq xo'jaligi va xalq xo'jaligi.

*В данной статье приведены результаты исследования минералогического состава, химического состава и физико-химических характеристик сапонитов рудника Вауш Навоийской области. Установлено, что основная сапонитовая толща встречается в некоторых местах двухслойной с интервалом 10,0-15,0 см (40-60% (масс.) сапонита) и в некоторых местах 15,0-20,0 см (20-40% (масс.) сапонита). Одновременно с этим изучены различные химические, минералогические и физико-химические характеристики химическими, рентгенофазными, ИК-спектрометрическими, рентгенофлуоресцентными и микроскопическими методами. Проведенные исследования изучения сапонитовых минералов показали их приемлемость для использования в горно-металлургической, химической, сельскохозяйственной и других отраслях народного хозяйства.*

**Ключевые слова:** доломит, сапонит, химический состав, минералогический состав, физико-химические свойства, ИК-спектрометрический анализ, рентгенофазный анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, горно-металлургическая, химическая, сельскохозяйственная и другие отрасли народного хозяйства.

Кызылкумский регион Республики Узбекистан является богатым регионом по полезным ископаемым содержащих большое количество химических элементов таблицы Менделеева. Из них Кызылкумские фосфориты, Учтутские доломиты, бетониты, мраморы, гипсы и многое другое освоены на промышленном уровне. На сегодняшний день, продолжается разведка новых рудников и их комплексное освоение. В Республике Узбекистан имеется определенный спрос и дефицит магнийсодержащих минералов. Актуальным вопросом является разведка рудников магнийсодержащих минералов и их переработка на промышленном уровне. В Республику ежегодно импортируется из-за рубежа 100 000 т магнийсодержащее сырье для получения магний хлората.

По получению оксида магния и хлорида магния из доломитового минерала ведется исследование в ведущих научно-исследовательских институтах республики, таких как институт общей и неорганической химии (ИОНХ) АН РУз и ТашХТИ. Данные исследования могут служить основанием для разработки технологии переработки и в определенной степени покрывают спрос на магнийсодержащее сырье.

В данной статье сделаны попытки по проведению исследования минералогического состава, химического состава и физико-химических характеристик сапонитов рудника Вауш Навоийской области.

Минерал сапонит впервые был обнаружен и изучен в Хмельницкой области Украины, который является самым крупным и богатым рудником мира [1]. Из литературных источников известно что, слово сапонит – означает «моющий камень» и входит в группу монтмориллонитов кремниевых пород. Данный минерал имеет бледно-розовый свет, не имеющий запаха и вкуса. Химическая формула имеет вид  $(Ca,Na)_{0.3}$

$(Mg,Fe_{2+})_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$ , а краткая формула имеет вид  $Mg_3(OH)_2 [Si_4O_{10}] \cdot nH_2O$ . Во множестве случаях Fe и Cr местами меняется [2-7].

Не смотря на то что, сапонит применяется в различных отраслях народного хозяйства: для очистки промышленных стоков, для рекультивации радиационно-загрязненных участков, для изготовления сорбентов поглощающих радиоактивные излучения, для изготовления адсорбентов, катализаторов и фильтров, в животноводстве и для кормления скота, в виде минеральных удобрений и в производстве керамики, исследуемый местный сапонит и его комплексные свойства малоизучены [8-11].

**Техника и методика эксперимента.** Химический состав сапонита изучен методом полуколичественного спектрального анализа на приборе EDX-7000, минералогический анализ проведен на приборе Model 410, ИК-спектрометрический анализ проведен на приборе IRTRACER-100 SHIMADZU и дифференциально-термический анализ проводили на дериватографе Q-1500 фирмы MOM (Венгрия).

**Полученные результаты и их обсуждение.** Для исследования отобрано несколько проб сапонитов из рудника Вауш Навоийской области. Данные пробы измельчены на передвижном аналитическом приборе марки Retsch RM 200. Измельченные сапонитные руды просеивали через сито размером 0,01-4,0 мм на лабораторной установке AS 200.

Проведенные химические исследования показывают что, в отобранных сапонитах верхнего слоя содержание химических элементов составляет CaO - 22,57%; MgO - 20,99; SiO<sub>2</sub> - 26,30; K<sub>2</sub>O - 1,23% и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7,92% и в нижнем слое содержание химических элементов составляет CaO - 21,48%; MgO - 19,75; SiO<sub>2</sub> - 27,41; K<sub>2</sub>O - 1,31% и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 8,23%.

Таблица 1

Результаты полуколичественного рентгенофлуоресцентного метода анализа отобранных проб

| № и наименований проб | Элементный состав сапонитовых руд, % |      |     |      |      |      |     |      |      |            |
|-----------------------|--------------------------------------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------------|
|                       | Ca                                   | Si   | Fe  | Mn   | Sr   | Си   | Ti  | V    | K    | Орг. смес. |
| №1 – верхний слой     | 76,0                                 | 12,1 | 8,8 | 0,14 | 0,11 | 0,05 | 0,7 | 0,02 | 1,40 | 0,68       |
| №2 – нижний слой      | 75,3                                 | 13,2 | 8,9 | 0,13 | 0,11 | 0,05 | 0,7 | 0,02 | 1,46 | 0,56       |

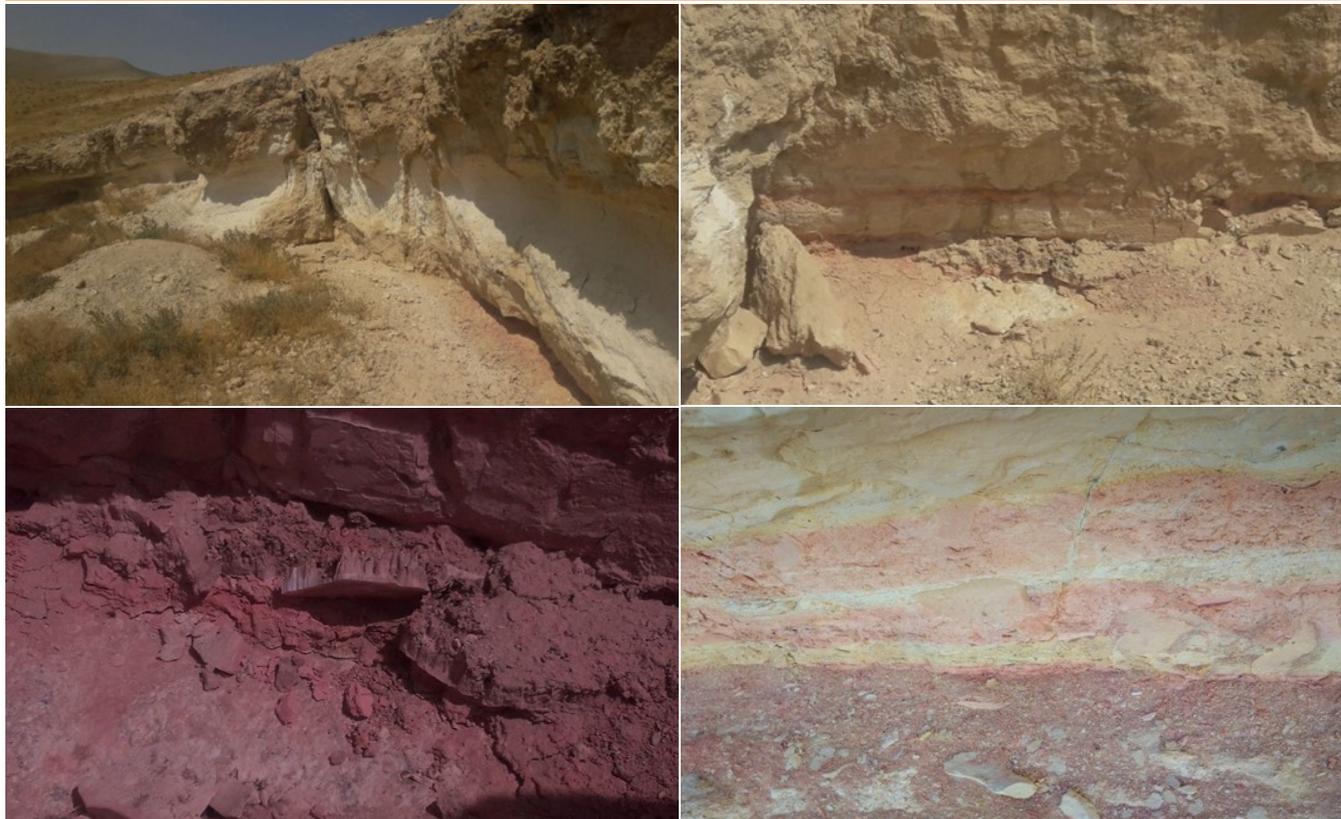


Рис. 1. Общий вид минералов сапонита в руднике Вауш Навоийской области

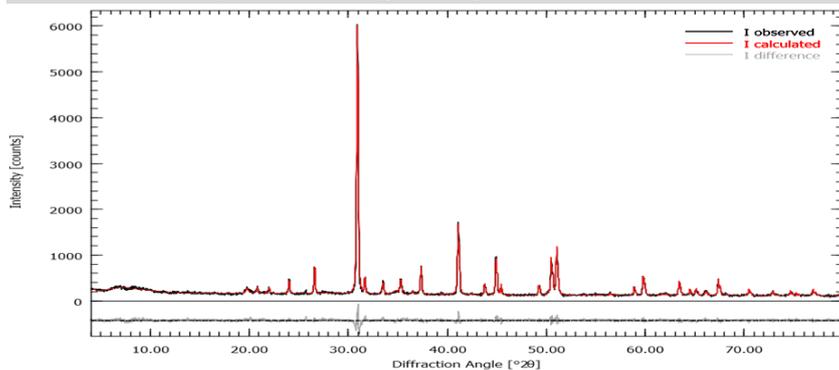


Рис.2. Спектр рентгенофазного анализа минерала сапонита

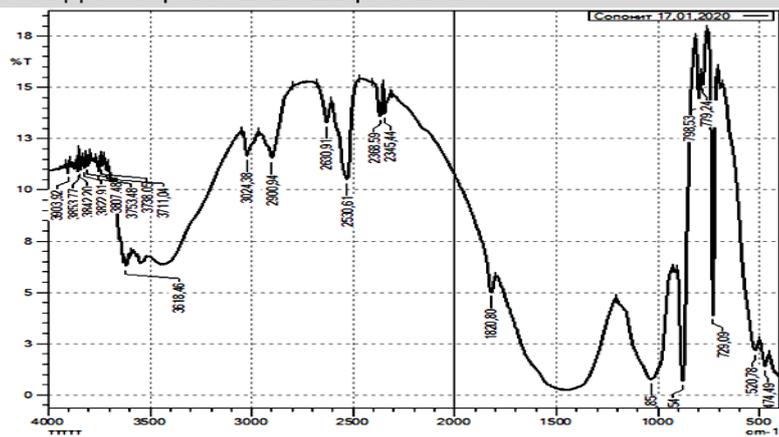


Рис.3 Спектр ИК-спектрометрического анализа сапонита на приборе IRTRACER-100 SHIMADZU

Для определения химического состава сапонита методом полуколичественного спектрального анализа на приборе EDX-7000 взято по 10 граммов измельченных руд и затарено в кювету. Полученные результаты полуколичественного анализа приведены в табл. 1.

Из результатов приведенных в таблице 1 видно, что они очень близки к результатам полученными химическими методами.

Общий вид минералов сапонита в руднике Вауш Навоийской области приведен на рис 1.

На рис. 2-4 приведены результаты полученные с помощью рентгенофазного анализа, ИК-спектрального анализа и дериватографического анализа.

Рентгенофазный анализ показывает что, минералы сапонита и доломита в отобранных пробах встречаются вместе, а количество доломита обнаруживается всегда больше. Результаты (рис.2.) показали наличие следующих минералов в составе сапонита: Сапонит+монтмориллонит - 75,66%, кварц - 4,93, иллит - 7,11%, доломит - 5,2%, кальцит - 1,9%, хлористый натрий - 1,5, гематит - 1,7%, рутил - 1,0%, анатаз - 1,0% ИК-спектроскопический анализ проводили на спектрометре Irtacer -100 (Shimadzu, Япония) в области частот 400-4000 см<sup>-1</sup>. Образцы готовили прессованием с KBr. В ИК-спектрах рис.3. сапонита проявляются явные полосы поглощения в области валентных колебаний Si-O с максимумами (798,53, 930,54, 1000,85) см<sup>-1</sup>.

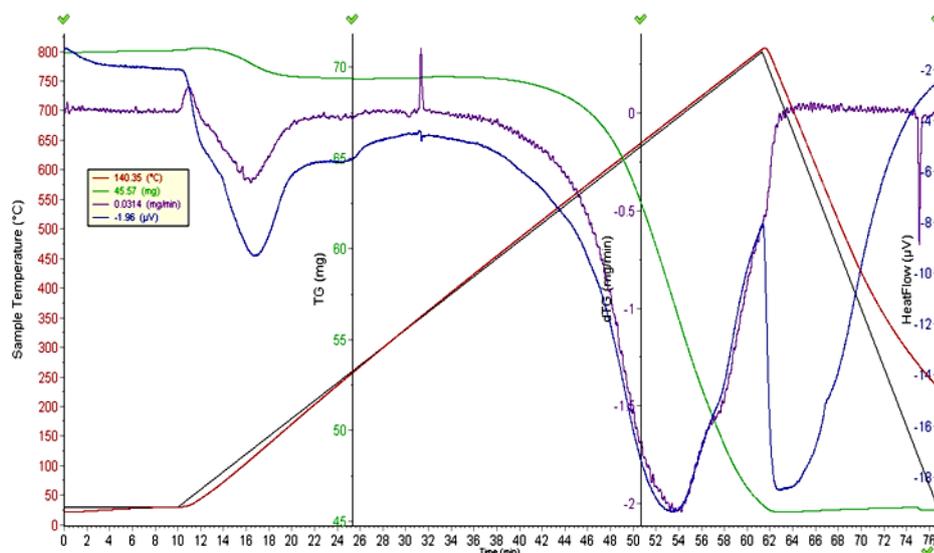


Рис.4. Дериватограмма в диапазоне температур 10-800°C минерала сапонита

Симметрия кремнекислородных тетраэдров зависит от размеров катионов, слагающих кристаллическую решётку сапонита, по мере увеличения магнезиальности отмечается повышение частоты Si-O колебаний. Наиболее чувствительна к железомagneзиевым замещениям в структуре сапонита частотная характеристика линии в области (930–1000)  $см^{-1}$ . Также в ИК-спектрах сапонита рис 3, прослеживаются многочисленные полосы поглощения в области (3630–3903)  $см^{-1}$  обусловленные колебаниями OH групп. В спектрах сапонита частоты колебаний 779,49  $см^{-1}$  относятся к кальциту. Изменение интенсивности полосы (474-520)  $см^{-1}$ , характерно для симметричных деформационных колебаний тетраэдров SiO<sub>4</sub>. Слабой и средней интенсивности частоты (1650-2000) и (3600-3800)  $см^{-1}$  принадлежат колебаниям кристаллизационной, а также физически адсорбированной на поверхности зерен минералов воды.

Дифференциально-термический (рис. 4) анализ проводили на дериватографе Q-1500 фирмы MOM (Венгрия) в диапазоне температур 20-1000°C. Скорость нагрева печи 10°C/мин. В качестве эталона использован синтетический сапфир. Потеря массы при нагреве исследуемого образца сапонита до 1000°C, составляет 9,87%.

Эндоэффекты в области 90-160°C соответствуют удалению адсорбированной воды на внутренней поверхности межкристалльных минералов, входящих в состав сапонита. Эндоэффекты в интервале 160-330°C отвечают началу удаления конституционной воды минералов. Дальнейшее увеличение температуры сопровождается также обезвоживанием минералов – примесей. Широкий неглубокий эндотермический эффект при 330-775°C обусловлен наложением эффектов полиморфного превращения кварца, началом декарбонизации кальциевых минералов. Скорость потери массы значительно возрастает в области разложения карбонатных минералов при 775-935°C, при этом сопровождающаяся потеря массы образцов 8,67% отвечает, в основном, интенсивному разложению кальцита.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в рамках данной статьи изучены химический состав и свойства сапонитов на основании рентгенофазного анализа, ИК-спектрального анализа и дериватографического анализа. Обнаружено, что пробы отобранные из верхнего слоя и нижнего слоя рудника очень похожи и в них содержание химических элементов близко друг к другу. Рентгенофазный анализ показывает, что минералы сапонита и доломита в отобранных пробах встречаются вместе и количество доломита обнаруживается всегда больше.

### Библиографический список:

1. Косоруков П.А. Исследование минерального состава и основных характеристик сапонита Варваровского месторождения / Энерготехнология и ресурсосбережение. 2011. №3. - С. 38-42.
2. Dennis E. Taliman, Gordon G. Wallace. Preparation and preliminary characterization of a poly(4-vinilpyridine) complex of a water-soluble polyaniline Synthetic Metals, Volume 90, Issue 1, Oktober 2013, pp. 13-18.
3. Aysegul Gok, Bekir Sari, Muzaffer Talu. Synthesis and characterization of conducting substituted polyanilines. Synthetic Metals, Volume 142, Issues 1-3, 13 April 2014, pp. 41-48.
4. John M. Kinyanjui and David W. Hatchett. Chemical Synthesis of a Polyaniline / Gold Composite Using Tetrachloroaurate. Chem. Mater.. 2014. 16 (17), pp. 3390–3398
5. Shengjun Tian, Jianyun Liu, Tao Zhu, and Wolfgang Knoll. Polyaniline/Gold Nanoparticle Multilayer Films: Assembly, Properties, and Biological Applications. Chemistry of Materials. 2014 16 (21), pp. 4103–4108.
6. Sunil K. Pillalamarri, Frank D. Blum, Akira T. Tokuhira, and Massimo F. Bertino. One-Pot Synthesis of Polyaniline–Metal Nanocomposites. Chemistry of Materials 2015 17 (24), pp. 5941–5944.
7. Chien-Hsin Yang, Yi-Kai Chih, Hsyi-En Cheng, Cheng – Ho Chen. Nanofibers of self-doped polyanilines. Polymer, Volume 46, Issue 24, 21 November 2016, Pages 10688-10698.
8. Музафаров А.М., Туробжонов С.М., Аллаберганова Г.М. Изучения химизма процесса рекультивации участков подземного выщелачивания урана загрязненных радионуклидами / Universum: Технические науки: электронный научный журнал. <http://7universum.com/ru/nature/archive/item2019>. №11 (68). С. 18-24.
9. Музафаров А.М., Туробжонов С.М., Аллаберганова Г.М. Анализ химического и радионуклидного состава производственных стоков уранового производства // Горный вестник Узбекистана №4. (79). – Навои. 2019. – С. 108-109.
10. Muzafarov A.M., Allaberganova G.M., Turobjonov S.M., Kholov D.M. Assessment of the influence of the process of underground uranium leaching on soil and groundwater // International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS). November 2019. – Washington DC, - pp. 34-39.
11. Muzafarov A.M., Allaberganova G.M., Turobjonov S.M., Jurakulov A.R. Method for conducting of uranium isotopic analysis in various natural waters of uranium-bearing regions of Uzbekistan // International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR). October 2019. – Washington DC, - pp. 52-55.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ



**Мухамедбаева М.А.,**  
Ташкентский химико-технологический институт, магистр, ассистент



**Шакаров Т.И.,**  
Алмалыкский филиал НИТУ «МИСиС», к.т.н., доцент



**Мухамедбаев А.А.,**  
директор НИП ООО «ANTENN-BRANCH», к.т.н., доцент



**Атаджанов Ш.Ю.,**  
директор по производству АО «Бекабадцемент», доктор (PhD)

*Maqolada sement ishlab chiqarishda gips ishtirokida sement klinkerini maydalash jarayoni ochiq tizimli sharli tegirmonda ko'rib chiqilgan. Maydalashni jadallashtirish maqsadida tegirmon ichiga o'rnatiladigan moslamalar, hususan elektr energiyasi sarfini kamaytiradigan va tegirmonlarni edirilishdan saqlaydigan qoplamalar evaziga amalga oshirish mumkinligi ta'kidlanadi. Taklif qilinayotgan qoplamalarning optimal o'lchami va shakllari keltirilgan. Mazkur qoplamalarni qo'llash evaziga tegirmon ishlab chiqarish quvvatini 20 % gacha oshirish va mustahkamligi bo'yicha «400» va «500» markali sementlar olish mumkinligi ko'rsatilgan.*

**Tayanch iboralar:** sement, ishlab chiqarish, maydalash, jadallashtirish, tegirmon, qoplamalar.

*Рассмотрены вопросы измельчения цементного клинкера, гипса и добавок в шаровых трубных мельницах открытого цикла. Отмечаются преимущества разработки различных внутримельничных устройств, интенсифицирующих процесс измельчения, в частности новых типов футеровки, приводящих к экономии удельного расхода электроэнергии и снижению износа футеровки мельниц. Приведены оптимальные размеры и конфигурация броневых плит футеровки. При использовании предлагаемой футеровки отмечается интенсификация помола цемента до 20 % от проектной производительности мельниц и возможность получения качественного продукта соответствующих маркам «400» и «500».*

**Ключевые слова:** цемент, производство, измельчение, интенсификация, мельница, футеровка.

Развитие строительной индустрии, в частности цементной, требует внедрения машин и аппаратов с более высокой производительностью и пониженными удельными энергозатратами. Учитывая, что измельчение клинкера наиболее энергоёмкий процесс в производстве цемента, оптимизация данного передела является одним из перспективных направлений снижения удельных энергозатрат производства цемента. В связи с этим, цементные предприятия мира внедряют в производственный процесс всё больше новых помольных технологий с применением альтернативных агрегатов для измельчения или усовершенствованные внутримельничные устройства.

На сегодняшний день существует несколько технологий измельчения, используемых для получения цемента из клинкера. Наибольшее распространение в цементной промышленности для измельчения клинкера получила шаровая мельница, ставшая классическим технологическим решением [1].

В шаровых мельницах преобладают ударные и истирающие нагрузки, при этом время нахождения материала в цикле помола может достигать нескольких десятков минут. Различия в принципах процесса помола в различных типах агрегатов не могут не отражаться на свойствах получаемых цементов. Поэтому исследования, направленные на изучение формирования свойств цемента в зависимости от применяемой технологии измельчения, являются весьма актуальными.

В шаровой двухкамерной мельнице измельчение материала происходит за счет воздействия сил, где в первой камере преобладает водопадный режим движения мелющих тел [2], измельчение происходит преимущественно за счет удара на участках падения мелющих тел и перетирания материала между помольными шарами. Во второй камере, с каскадным режимом движения мелющих тел – шаров или цилиндров, преобладают в большей степени истирающие нагрузки, возникающие как при трении частиц материала друг о друга, так и между мелющими телами и футеровкой мельницы [3, 4].

Наиболее длительное время нахождения материала в цикле помола характерно для шаровых мельниц открытого цикла, которые имеют явное численное преимущество на территории СНГ.

Помол в открытом цикле не позволяет своевременно выводить цемент, достигший заданной удельной поверхности, из системы, что способствует его переизмельчению [5].

Получаемый таким образом продукт характеризуется высоким содержанием как сравнительно грубых частиц – размером более 60 - 70 мкм, так и значительной долей сверхтонких частиц – размером менее 3 мкм [6].

Дисперсный состав цемента принято определять по геометрическим размерам частиц [7]. Но для частиц неправильной формы, характерных для большинства тонкодисперсных порошков используется понятие «эквивалентный размер» или «эквивалентный диаметр», который означает «диаметр условной шарообразной частицы из того же вещества, производящей какое-либо действие, равновеликое действию измеряемой частицы неправильной формы» [8]. В связи с этим, для обеспечения сопоставимости и воспроизводимости результатов исследований, необходимо их проведение на одном приборе с применением одних и тех же методик.

Ранее нами были проведены исследования по повышению производительности шаровых цементных мельниц путем использования различных минеральных добавок и отходов промышленности [9-11]. Однако, возможностями этого метода повышения производительности ограничены свойствами используемых материалов, в первую очередь абразивностью и влажностью исходных компонентов шихты.

Очевидным, является способ увеличения производительности мельниц путем изменения профиля поверхности бронифутеровки. Хотя, применение бронифутеровки уменьшает свободное сечение барабана мельницы, она предохраняет корпус мельницы от износа и придает направленное движение мелющим телам и измельчаемому материалу [12,13]. Для защиты корпуса мельницы от износа применяют бронифутеровку с различной конфигурацией поверхности. Поверхность футеровки выполняет роль элеваторного подъемника, и часто называются лифтерами. Оптимальная высота лифтера принимается в зависимости от частоты вращения мельницы и расстояния между лифтерами.

Бронефутеровку изготавливают из различных материалов: легированной стали, износостойкого чугуна, резины, карбида кремния, пластика, стеклопластика и т.д. На практике самыми востребованными являются брони из стали и резины. В некоторых случаях используется сочетание металлических и резиновых элементов. Толщина бронефутеровки определяется по высоте гребня наибольшего выступа и является его характеристикой. Увеличение толщины бронефутеровки уменьшает производительность мельницы, но увеличивает срок службы бронефутеровки. Нормативная толщина бронефутеровки зависит от диаметра мельницы.

Анализируя работу мелющих тел внутри барабана мельницы предложена конфигурация поверхности бронефутеровки для двухкамерной цементной мельницы размером 2,6x13 м. Согласно предложенному, бронефутеровка для первой камеры имеет форму и размеры, указанные на рисунке 1.

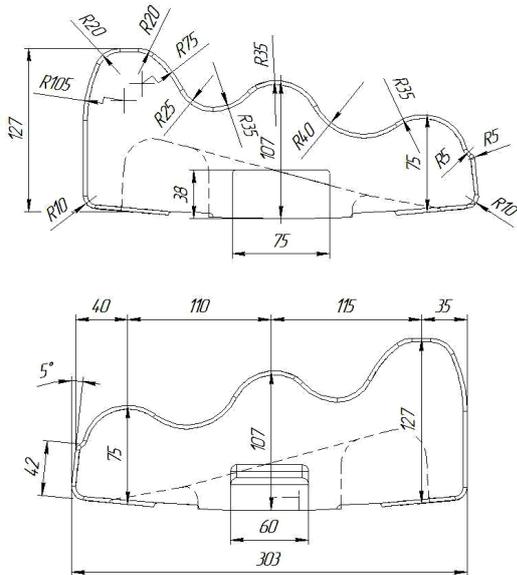


Рис. 1 Бронефутеровка для первой камеры цементной мельницы

Предлагаемая бронеплита футеровки выполнена с технологическими выступами в виде трех головок волнового профиля различной высоты. Технологические выступы по длине плиты выполнены с переменной высотой с уменьшением её от загрузочного к разгрузочным концам мельницы. При этом, соотношение максимальной и минимальной высоты выступов составляет 1,7.

Бронеплита футеровки содержит поверхность с тремя головками волнового профиля, боковые грани, углубление под крепящий болт, основание с выемками (рис. 1). Профиль рабочей поверхности выполнен вогнутым по радиусу с симметрично расположенными от оси профиля бронеплиты участками. Пазы под болты выполнены по центру вдоль бронеплиты.

Долговечность бронеплит обеспечивается надежным креплением болтов в углублении, которые забиваясь при работе мельницы мелкими шарами или же измельчаемым материалом, надежно защищает узел крепления от износа.

Максимальная толщина бронеплиты футеровки выбрана по техническим возможностям её изготовления и сохранения оптимального рабочего объема мельницы. Габаритные размеры соответствует стандартно изготавливаемым бронеплитам, что не исключает возможность совместного использования известных бронеплит с предлагаемым.

Повышение эффективности измельчения достигается за счет того, что выпуклые части рабочей поверхности бронеплиты заканчиваются головками волнового профиля, что способствует более тонкому измельчению материала. Кроме того, при вращении мельницы часть материала продольными выступами поднимается выше угла подъема шаров и тем самым обеспечивает выброс мелкого материала

ла в поток отсасываемого воздуха, что также увеличивает эффективность помола.

Ввиду того, что коническую плоскость плиты образуют параллельные выступы, сцепление шаров с конической плитой увеличивается, вследствие чего увеличивается сортирующая способность бронеплиты футеровки.

Специальные профили бронефутеровки нужны для первой камеры, где создается водопадный режим работы шаровой загрузки. Правильный подбор бронефутеровки в первой камере мельницы с водопадным режимом позволяет предотвратить проскальзывание шаровой загрузки по отношению к футеровке. Скольжение шаровой загрузки наиболее ощутимо, когда шаровая загрузка состоит из шаров крупных размеров. В этой камере мельницы измельчение материала происходит за счет энергии удара. Данная бронефутеровка с трехволновым профилем обеспечивает сортировку шаров по крупности и концентрацию крупных шаров к загрузочному концу мельницы и позволяет уменьшить энергозатраты на измельчение клинкера с добавками до 10%.

Во второй камере мельницы с каскадным режимом работы шаровой загрузки предлагается использование футеровки с гладкой поверхностью. Бронефутеровка второй камеры приведена на рисунке 2.

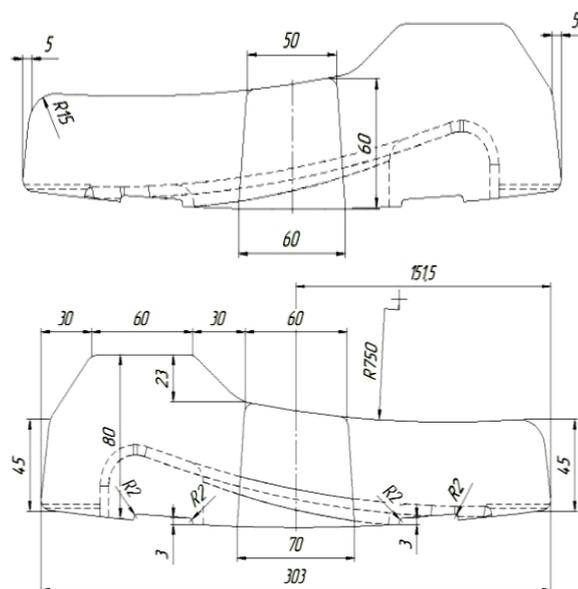


Рис.2. Бронефутеровка для второй камеры цементной мельницы

Предлагаемую бронефутеровку наиболее целесообразно устанавливать в средней части второй камеры, где с двух сторон в несколько рядов устанавливается обычная гладкая волнистая бронефутеровка. Гладкая поверхность бронефутеровки способствует тонкому измельчению материала истиранием и раздавливанием.

В двухкамерных мельницах одинакового диаметра обеспечение различных режимов в камерах возможно за счет подбора коэффициентов заполнения камер шарами, а также подбором профиля бронефутеровки. Увеличение коэффициента заполнения шаровой загрузки приводит к увеличению сцепления между шаровой загрузкой и барабаном мельницы, что способствует работе мельницы в водопадном режиме. При меньшем коэффициенте заполнения возникает каскадный режим.

Обычно, для классификации шаров по крупности применяют конусно-ступенчатую бронефутеровку, которая обеспечивает сортировку шаров по крупности и концентрацию крупных шаров к загрузочному концу мельницы. Более совершенная бронефутеровка содержит ряд плит, выполненных с наклоном в сторону загрузки, причем плиты одновременно выполнены с наклоном в сторону вращения мельницы, а между рядами наклонных плит установлены плиты с поверхностью, параллельной корпусу мельницы. На поверхности бронефутеровки могут быть выполнены продольные выступы в виде волн или трапеций с шагом 20-300 мм, высотой 20-60 мм и шириной 20-80 мм, образующие сообщающие канавки [14].

Учитывая вышеизложенное, нами предложена наиболее эффективная, т.е. смешанная схема бронифутеровки мельницы, когда в первой камере наряду с предлагаемым профилем бронифутеровки используется обычная конусно-волнистая бронеплита, во второй – с плоской волнистой бронеплитой. Первая камера мельницы должна быть загружена смесью крупных шаров с различным диаметром, а вторая – смесью более мелких шаров или цильпесами.

Предлагаемая схема бронифутеровки была использована на АО «Бекабадцемент» для футеровки двухкамерной цементной мельницы размером 2,6х13 м. Первая камера мельниц были загружены стальными шарами диаметром от 40 до 100 мм, а вторая камера – цильпесами диаметром 25-40 мм. Шаровые мельницы помола цемента до реконструкции имели максимальную производительность 26-27 т/ч.

После установки, предлагаемой бронифутеровки производительность мельниц выросла до 30 т/ч. При этом, по результатам применения данной схемы футеровки, из шаровой загрузки первой камеры исключены шары диаметром 100 мм. Физико-технические характеристики цементов, произведенных на АО «Бекабадцемент», следующие:

остаток на сите с сеткой 008 – до 13 мас.%; удельная поверхность, определенная методом воздухопроницаемости на приборе Т-3 – 2900-3100 см<sup>2</sup>/г; сроки схватывания цементного теста: начало – не ранее 2 часов 35 м, конец – не более 4 ч 55 м; распыл стандартного конуса при нормальной густоте цементного теста – не более 110 мм; прочность цементного камня при соотношении цемент/песок = 1:3 и водоцементном отношении равны 0,40 в 28 суточном возрасте твердения в нормальных условиях по ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии» (МПа, не менее): при изгибе – 5,7; при сжатии – 39,6. Физико-технические характеристики цементов определены в производственном испытательном подразделении АО «Бекабадцемент».

Таким образом, выполненные исследования показывают техническую возможность получения качественного цемента усовершенствованием внутримельничных устройств, в частности применением новых профилей броневых плит и увеличения производительности шаровых мельниц, что является одним из путей снижения себестоимости цемента.

## Библиографический список:

1. Jorgensen, S.W. Cement grinding – a comparison between vertical roller mill and ball mill / S.W. Jorgensen // *Cement International*. – 2005. - № 2. – С. 54-61.
2. Классен, В.К. Технология и оптимизация производства цемента / В.К. Классен. – Белгород: БГТУ им. Шухова, 2011. – 271 с.
3. Дуда, В. Цемент. / В. Дуда. - М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
4. Бутт Ю.М., Сычев М.М. Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник для вузов / Под ред. Тимашева В.В. -М.: Высш. школа, 1980. -472 с.
5. Лугинина, И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов. Часть II / И.Г. Лугинина – БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2004. – 198 с.
6. Müller-Pfeiffer, M. Comparison of grinding systems for cement production and examination of the charge grinding in downstream ball mills / Dr.-Ing.M. Müller-Pfeiffer, P. Clemens // *Cement International*. – 2004. – № 2. – С.58-67.
7. Коузов, П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – Л.: Химия, 1987. – 264 с.
8. Самсонов, В.Т. О законе распределения частиц пыли / В.Т. Самсонов // *Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС*, выпуск 3. – 12 с.
9. Мухамедбаев А.А., Яичников Я.М., Мухамедбаев Аг.А. Исследование размалываемости портландцемента в промышленных трубных шаровых мельницах / *Химия и химическая технология*. 2018, № 3. –С. 32-36.
10. Мухамедбаев Аг.А., Пиримов Т.Ж., Мухамедбаев А.А. Энергосбережение в технологии производства портландцемента // *Материалы XI Междунар. конф. молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов»*. Пенза, 2016. –С.129-132.
11. Шакаров Т.И., Мухамедбаев А.А., Атаджанов Ш.Ю., Мухамедбаева М.А. Переработка флотационных отходов обогащения свинцовых руд в цементном производстве / *Горный вестник Узбекистана*. 2020, №2 (81). –С. 53-55.
12. Пат. 2284861 Россия МПК В02С 17/22. Барабанная мельница. Иванов А.М. Заявлено 01.02.2005; Оpubл. 10.10.2006, Бюл. №28. – 7 с.
13. Патент 2304466 Россия МПК В02С 17/22. Бронифутеровка для мельниц полусамозмельчения (варианты). Совмен В.К., Иванов В.И., Кузина З.П., Битаров М.А., Алиханов И.А. Заявлено 21.09.2005; Оpubл. 20.08.2007, Бюл. №23. – 11 с.
14. Патент 2314160 Россия МПК В02С 17/22. Сортирующая бронифутеровка барабанных мельниц. Совмен В.К., Иванов В.И., Кузина З.П., Битаров М.А., Алиханов И.А. Заявлено 10.06.2007; Оpubл. 10.01.2008, Бюл. №1. – 7 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В КОМПЛЕКСЕ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ВАУШ»



**Мирзаев Б.А.,**  
стажер-исследователь  
Навоийского отделения АН РУз



**Шарипов Ш.Ф.,**  
докторант Навоийского  
отделения АН РУз



**Истаблаев Ф.Ф.,**  
младший научный сотрудник  
Навоийского отделения АН РУз

*Mazkur maqolada Navoiy viloyatida joylashgan "Vaush" koni dolomitlari, bentonit gillari va kvarts qumlari haqida ma'lumot berib o'tilgan. Tabiiy mineralogik xomashyoning fizik-kimyoviy xususiyatlari hamda uning tarkibiy tahlili o'tkazilgan. "Vaush" konini qayta ishlash istiqbollari asoslangan.*

*Tayanch iboralar: dolomit, kon, mineral, karbonat, qiyalik, ritmosvita, kvarts qumlari, pulsatsion qurilma.*

*В настоящей статье приведена информация о доломитах, бентонитовых глинах и кварцевых песках месторождения «Вауш», расположенного в Навоийской области. Проведен анализ физико-химических свойств и состава природного минерального сырья. Обоснована перспективность разработки месторождения «Вауш».*

*Ключевые слова: доломит, месторождение, минерал, карбонат, склон, ритмосвита, кварцевые пески, пульсационная колонна.*

Узбекистан славится богатейшими подземными недрами. Взять только Навоийскую область, в частности Кызылкумский горнорудный регион, здесь по данным геологов представлена вся таблица Менделеева, и он всегда был в центре пристального внимания геологов (рис. 1).

В экономическом развитии каждого государства немаловажную роль играет обеспеченность его народного хозяйства собственными минеральными ресурсами. Государственные меры, предпринимаемые по локализации производства, увеличению выпуска импортозамещающей и экспортноориентированной продукции, выдвигают на первый план в качестве приоритетных задач разработку научных основ регионального прогноза и поиска новых месторождений высококачественного минерального сырья.

Исходя из мирового опыта во многих случаях экономическая эффективность разработки месторождений некоторых нерудных полезных ископаемых выгоднее освоения месторождений рудных (добыча, переработка и обогащение нерудных полезных ископаемых намного дешевле из-за их нахождения на поверхности земли и неглубокого залегания). К тому же их можно использовать в разных сферах народного хозяйства в той форме, в которой они встречаются в природе. К примеру, бентонитовые глины используются более чем в 200 сферах - начиная фармацевтикой и заканчивая пищевой промышленностью - в естественной форме или частично переработанной и обогащенной. В этом вопросе расходы на добычу составляют

всего 25-30% от конечной рыночной стоимости полезного ископаемого. Для сравнения: добыча золота и приведение его в товарный вид требуют значительных затрат, и расходы составляют 70-75% от себестоимости готового продукта.

Палеогеновые отложения Кызылкумов богаты разными месторождениями нерудных полезных ископаемых. Устойчивый платформенный режим, максимальная выровненность поверхности рельефа и аридный климат способствовали дифференциации осаждаемого вещества, ограниченному привносу грубообломочного материала при одновременном увеличении притока коллоидного и истинного растворов в бассейн седиментации. Здесь роль механической, физико-химической, биохимической и химической дифференциации осадочного вещества очень велика. В результате четкой обособленности фациальных единиц в каждой из них образовались залежи определенного типа полезных ископаемых. Среди них нерудные полезные ископаемые, в частности: кварцевые пески, бентонитовые, бентонитоподобные, карбонатно-пальгорскитовые, опоквидные глины, доломиты, мергели, фосфориты, гипсы и горючие сланцы, занимают особое место благодаря широкому спектру применения их в разных отраслях промышленного производства [1].

Одно из требований рыночной экономики, это умение при минимальных затратах получить максимальную прибыль с использованием всех возможностей для организации комплексного и безотходного производства.

Учитывая вышесказанное, промышленная разработка месторождения белого мучнистого доломита «Вауш», расположенного в 23 км от города Навои - в Навбахорском районе Навоийской области выглядит перспективной. Горнотехнические условия разработки простые. Уникальность данного месторождения заключается в том, что здесь поочередно залегают также пласты востребованных нерудных полезных ископаемых, таких как, бентонитовые глины и кварцевые пески морского происхождения (рис. 2).



**Рис. 1** Кызылкумы - вид из космоса и карта-схема месторождений и проявлений нерудных полезных ископаемых палеогена: I – полевошпат-кварцевые пески, II – кварцевые пески, III – бентонитовые глины, IV – фосфориты, V – доломиты, VI – гипсы, VII – пальгорскитовые глины, VIII – опоквидные глины, IX – горючие сланцы

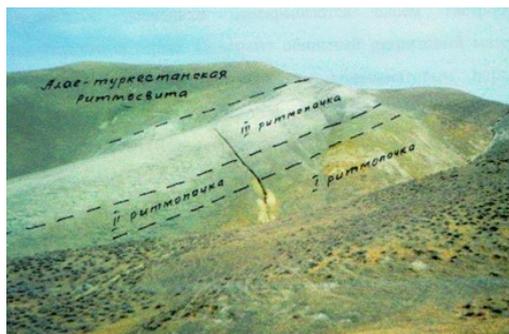


Рис.2. Стрoение сузакско-алайской ритмосвиты на площади Вауш (I - ритмопачка – кварцевые пески, II, III ритмопачки - бентонитовые глины) и справа пласты доломита



Рис. 3. Доломиты бухарской ритмосвиты на южном крыле Ваушской антиклинали

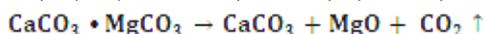
В месторождении снизу вверх с очень удобными горнотехническими условиями обнажаются пласты доломита (бухарская ритмосвита палеоцена), кварц-палевошпатовые пески (I - ритмопачка сузакско-алайской ритмосвиты), бентонитовые глины (II, III – ритмопачки сузакско-алайской ритмосвиты).

Предварительные подсчеты запасов в результате произведенных геологоразведочных работ в 2002-2004 гг. Научно-производственным центром «Монолит-98» показали, что запасы с содержанием MgO - 21,5% более 4,5 млн. т, кварц-палевошпатовых песков - более 7,0 млн. т, а бентонитовых глин - более 10,0 млн. т.

Учеными Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан для привлечения иностранных инвестиций подготовлен проект комплексной добычи и переработки всех трех нерудных полезных ископаемых до товарного продукта, с применением инновационных технологий, разработанных с привлечением научного потенциала институтов Академии наук.

К примеру, совместно с учеными Института общей и неорганической химии разработана технология бескислотного разложения доломита с разделением его на основной карбонат магния (белая магнезия) и химически осажденный мел (карбонат кальция). Полученные продукты могут быть использованы непосредственно или при дальнейшей переработке с получением оксида и других солей магния. Обжиг проводится при температуре 550-650°C (мягкий режим).

Во вращающихся печах проводят процесс декарбонизации:



В отличие от традиционного способа обжига доломита в новом способе используется добавка, которая снижает температуру обжига на 100-200°C.

При обжиге образуется смесь оксида магния и карбоната кальция, которая в последующем разделяется с применением специальных приемов и реагентов.

Получаемая по предлагаемой технологии продукция - это сырье для производства лакокрасочных материалов, сухих строительных смесей, полимеров, керамики, бумаги, огнеупоров, сырье для химической промышленности. По данной технологии могут быть получены сразу несколько химически чистых продуктов с использованием только местного сырья и материалов, что способствует снижению их себестоимости.

Внедрение этой технологии позволит значительно сэкономить валютные средства, так как Узбекистан ежегодно импортирует порядка 20 тыс. т магнезита MgCO<sub>3</sub>() на сумму более 10 млн. долларов США.

ломитовые отложения бухарской ритмосвиты имеют двухчленное строение: первая ритмопачка сложена песчаными доломитами мощностью 2-3 м, вторая доломитовая ритмопачка отделена от первой прослоем железистых доломитовых песчаников мощностью 0,1-0,2 м. Мощность второй ритмопачки 3-4 м. На поверхности раздела слоев доломитов второй ритмопачки отмечаются волноприбойные знаки ряби с расстоянием между гребнями 8-10 см (рис. 4) [2, 3].

Кроме того, в них развиты диагенетические конкреции кахолонга лешешкообразной, дисковидной, субэллипсоидной форм или они представлены конкреционными линзами. Размер конкреции по длине оси колеблется от 5 см до 1 м, по мощности от 1 до 20 см. Вещественный состав доломитов и песчаных доломитов изучен комплексом лабораторных методов исследований: химическим, термическим, рентгеноструктурным, электронно-микроскопическим анализами. Результаты комплексного анализа показывают их мономинеральность, сравнимую с теоретическим химическим составом доломита (табл. 1).

Доломиты образовались в лагунных условиях. Палеоценовый лагунный бассейн занимал огромное пространство. В начале бухарского времени трансгрессирующий палеогеновый морской бассейн охватывал значительную часть территории южного склона Южного Нуратау. Вялый платформенный тектонический режим того времени, максимально выровненный рельеф поверхности и аридный климат способствовали возникновению обширного мелководного осолоненно-лагунного бассейна с затрудненным водообменом [1].



Рис. 4. Симметричные волноприбойные знаки ряби на поверхности доломитов бухарской ритмосвиты площади Вауш

Химический состав доломита, %

|                   | MgO   | CaO   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | MnO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | п.п.п. | Сумма |
|-------------------|-------|-------|------------------|--------------------------------|------------------|------|-------------------------------|-----------------|--------|-------|
| Доломит (порода)  | 21,03 | 28,24 | 0,19             | 0,26                           | 0,12             | 0,02 | 0,09                          | 0,10            | 49,94  | 100,0 |
| Доломит (минерал) | 21,70 | 30,40 | -                | -                              | -                | -    | -                             | -               | 47,90  | 100,0 |

Природный доломит представляет собой двойную углекислую соль магния и кальция состава  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ , или  $MgCO$  - 21%,  $CaO$  - 31%,  $CaO_2$  - 45% и др.

Теоретический состав доломита: 54,27%  $CaCO_3$ , 45,73%  $MgCO_3$  или в окислах 30,41%  $CaO$ , 21,87%  $MgO$  и 47,72%  $CO_2$ . Твердость доломита по шкале Мооса 3,5-4,0. Плотность доломита 2 850 – 2 950  $кг/м^3$ . Доломит чаще всего окрашен в белый, серый, желтый или буроватые цвета вследствие наличия примесей железистых соединений (рис. 5).



Рис. 5. Образец доломита Ваушского месторождения

Бентонитовые глины месторождения «Вауш» в пластах из-за покрытия наносов имеют природную влажность 25-30%. В летнее время уложенные толщиной 30-50 см на открытой поверхности за 3-4 суток теряют свою влажность и становятся пригодными для измельчения в мельницах. Практические затраты здесь приходятся только на вскрышные работы и добычу, при этом на месторождении бентониты обнажаются открытыми и местами немошными (1-2 м) наносами. Установка мельничного комплекса прямо рядом с месторождением будет высокоэффективной. При этом мельничный комплекс можно использовать для измельчения доломита, в технологической схеме обогащения кварцевых песков и др.

В общем случае, бентонитовые глины по генезису могут быть гидротермальными, эффузивно-осадочными и аллотигенно-трансформированными. К первому генетическому типу относится Асканское (Грузия) месторождение бентонитовых глин. Оно образовалось за счет гидротермального изменения андезит-трахитовых туфов среднего эоцена. Эффузивно-осадочные бентонитовые глины образуются путем подводного выветривания (гальмиролиза) вулканического стекла и другого пирокластического материала. Об этом свидетельствует реликтовая пепловая структура и сохранившиеся осколки неизмененного вулканического стекла. Состав их почти мономинеральный - монтмориллонитовый, имеет массивную текстуру и комковатую отдельность. Примером их являются слои белых бентонитовых глин Огланлинского (Туркменистан), Азкамарского (Узбекистан) месторождений и других проявлений. Бентонитовые глины аллотигенно-трансформированного генезиса образуются путем преобразования глинистых минералов в монтмориллонит в щелочных условиях среды. К этому генетическому типу относится и Навбахорское (Узбекистан) месторождение бентонитовых глин [1,4].

Совокупность морских условий, способствующих преобразованию глинистых минералов в монтмориллонит, и накоплению существенно монтмориллонитового состава глин называется бентонитовой фацией. Такая фация впервые выделена на большей части акватории Юго-Восточных Кызылкумов раннеэоценового морского бассейна.

Бентонитовые глины аллотигенно-трансформированного генезиса широко развиты в разрезе нижнего эоцена Юго-Восточных Кызылкумов, которые выделяются под названием Нуринской свиты и составляют основную часть разреза раннеэоценовой сузакской ритмосвиты Юго-Восточных Кызылкумов [1, 4]. Имеют тонкоплитчатую текстуру, высококоллоидальные, тонкодисперсные, жирные на ощупь. В минеральном составе резко преобладает монтмориллонит, содержание которого доходит до 80-85%. Вторым по содержанию является гидрослюда.

Бентонитовые глины широко применяются в машиностроительной, металлургической, горно-рудной, нефтегазовой, нефтехимической, химической, легкой, пищевой промышленности, сельском хозяйстве.

Благодаря своим высоким сорбционным свойствам они также применяются при очистке питьевых и сточных вод, для осветления животных жиров, растительных масел, виноградных и плодовоовощных вин и соков, при регенерации отработанных масел.

Большая потребность в этих глинах наблюдается при производстве буровых работ. Приготовленные из них растворы отличаются высокой вязкостью, структурно механическими и тиксотропными свойствами. Устойчивая суспензия глин способствует при временной остановке буровой установки удержанию выбуренной породы во взвешенном состоянии, тем самым препятствует ее накоплению в забое скважин и предотвращает прихват инструмента.

Кварцевые пески приурочены к разрезу нижнеэоценовой сузакской ритмосвиты Юго-Восточных Кызылкумов и относятся к казахтауской свите ( $P_1^{2-3} kz$ ) верхнего палеоэоцена, а также к верхнеэоценовой рихтан-ханабадской ритмосвиты лавляканского горизонта сугралинской свиты ( $P_2^{2-3} sg$ ) Центральных Кызылкумов. Первые полевошпатово-кварцевые пески с содержанием кварца до 85-95%, мелкозернистые и хорошо отсортированные. Естественные выходы отмечаются на юго-западном склоне хр. Южный Нуратау и на северном склоне Зияятдинских гор (Калканатинское и Кермининское месторождения) [1,5,6].

В Центральных Кызылкумах кварцевые пески чистые с содержанием кварца 98-99%, хорошо отсортированные, мелкозернистые. Образование их связано с действиями подводных морских течений. Эти течения могут быть вдольбереговыми и разрывными [1,5,6,7]. Вдольбереговые подводные течения образуются при подходе нагонных волн под острым углом к берегам и действуют параллельно им. Разрывные подводные течения образуются тогда, когда нагонные волны подходят прямо к берегам, имеющим выпуклую конфигурацию. Такие подводные течения обычно направлены к центральной части бассейна. Если кварц-полевошпатовые пески казахтауской свиты ( $P_1^{2-3} kz$ ) верхнего палеоэоцена образовались в результате деятельности вдольбереговых подводных течений, то кварцевые пески лавляканского горизонта сугралинской свиты ( $P_2^{2-3} sg$ ) верхнего эоцена обязаны своему накоплению разрывным подводным морским течениям.

Высокая механическая дифференциация песков и их структурная зрелость связана с повторной мобилизацией материала из заранее подготовленного в других динамических фациальных поясах. Так, кварцевые пески вдольбереговых подводных течений раннеэоценового возраста первично являются осадками золово-равнинного фациального пояса, а кварцевые пески разрывных подводных течений позднего эоцена первоначально формировались в обломочной зоне волноприбойного фациального пояса из материала глубоко разложившейся коры выветривания. Поэтому они, помимо структурной, обладают и минеральной зрелостью [1,7].

Кварцевые пески широко применяются в стеклянном, фаянсовом и фарфоровом производствах, при изготовлении красок, в пескоструйных и многообразных фильтрующих устройствах, на литейных предприятиях и в химической промышленности. Кроме того они являются прекрасным сырьем для получения оптических волокон и огнеупорных строительных материалов. Этот песок обладает отличными абразивными свойствами, что дает возможность применять его для шлифования разнообразных полированных поверхностей.

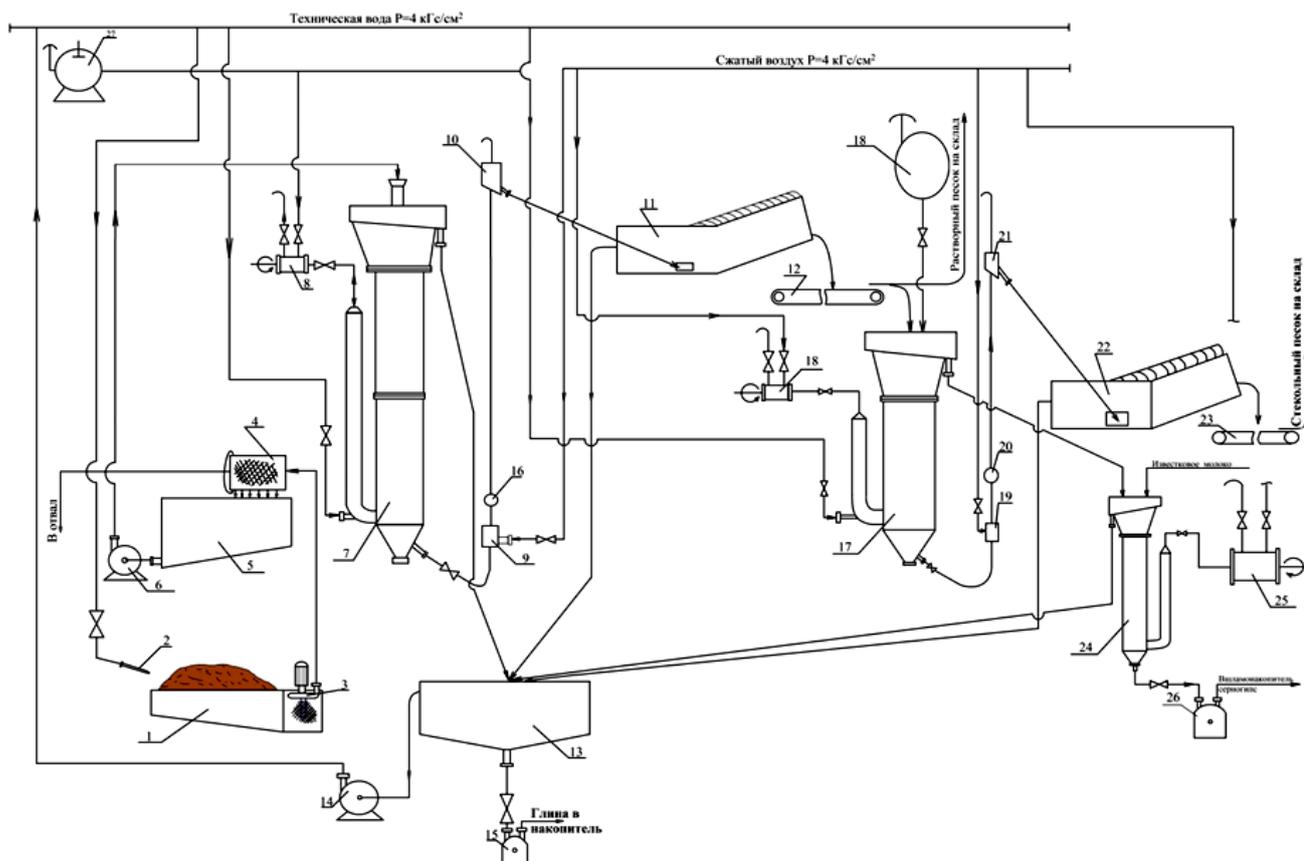


Рис. 6. Технологическая схема обогащения кварцевых песков. 1 - бассейн приготовления пульпы; 2 - гидрант; 3 - погружной вертикальный насос; 4 - барабанное сито; 5 - зумпф исходной пульпы; 6 - насос грунтовый; 7 - пульсационная промывная колонна; 8, 18, 25 – пульсатор; 9, 19 – эрлифт; 10, 21 – воздухоотделитель; 11, 22 - спиральный классификатор; 12, 23 - ленточный транспортер; 13 - сгуститель-отстойник; 14 - насос оборотной воды; 15, 26 - шланговый насос; 16, 20 - смотровой фонарь; 17 - пульсационная колонна химической обработки песка; 24 - пульсационная колонна нейтрализации; 27 - компрессор сжатого воздуха

Здесь уместно отметить, что в кварц-полевошпатовых песках казахтауской свиты ( $P_1^{2-3} kz$ ) верхнего палеоцена Ваушского месторождения, при флотации можно получить до 10-15% калиевых полевых шпатов отличного качества, являющихся незаменимым материалом при производстве высококачественной керамики и электроизоляторов.

Кварцевые пески также широко используются в качестве заполнителя в бетонах. В песках, используемых для этих целей, содержание илистых и глинистых примесей не должно превышать 2%.

Для получения качественных бетонных растворов, пески необходимо подвергать обогащению, то есть – отмывке от излишков илистых и глинистых примесей, для того, чтобы их содержание соответствовало установленным нормам.

Кроме того, в случае применения кварцевых песков в стекольном производстве немаловажную роль играет не только содержание в них окиси кремния, но и окиси железа (табл. 2).

Новоийским отделением разработан инновационный способ обогащения кварцевых песков с целью получения стекольного песка. Дешламацию и удаление поверхностных пленок механической активацией с

последующей химической очисткой кристаллов двуокиси кремния от вредных примесей и промывку обогащенного песка водой осуществляют в пульсационной колонне в периодическом режиме [8].

В отличие от флотомашин в пульсационной колонне нет движущихся узлов и деталей внутри.

Вертикальное возвратно-поступательные движение пульпы в колонне возникает вследствие кратковременной периодической подачи импульсов сжатого воздуха в пульсационную камеру колонны. При этом пульпа, совершая движения по колонне, пересекает пластины насадки, в которых разнонаправленно установлены направляющие лопатки.

Вследствие этого, при прохождении пульпы через пластины насадки, поток пульпы приобретает разнонаправленное спиралеобразное движение, обеспечивающее качественную оттирку с поверхности кристаллов пленок глины и окислов железа до 0,01-0,05%.

Данная технологическая схема фабрики по обогащению кварцевых песков мощностью до 300 т в сутки готового продукта с использованием в качестве основного обогатительного аппарата промывной

Химический состав доломита, %

Таблица 2

| Вид производства        | Допустимое содержание в песке, массовое, % |   |
|-------------------------|--|---|
|                         | SiO <sub>2</sub>                           | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  |
| Листовое стекло         | 98,5                                       | 0,05-0,07                                       |
| Техническое стекло      | 99,5                                       | 0,025-0,03                                      |
| Тара бесцветная         | 98,5                                       | 0,05-0,07                                       |
| Тара окрашенная         | 95,0                                       | до 0,35   |
| Сортовое стекло         | 99,3                                       | 0,03  |
| Хрусталь                | 99,8                                       | 0,012; Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,00015 |
| Оптическое стекло       | 99,8                                       | 0,010; TiO <sub>2</sub> – 0,05                  |
| Светотехническое стекло | 99,9                                       | 0,015   |

пульсационной колонны отличается простотой конструкции и высокой продуктивностью.

Таким образом, для осуществления комплексной добычи и последующей комплексной переработки доломита, бентонитовых глин и кварцевых песков месторождения «Вауш» необходимо осуществление следующих поэтапных работ:

1 - этап: привлечение потенциального инвестора с целью проведения геологоразведочных работ на площади «Вауш» с подсчетом запасов нерудных полезных ископаемых (доломиты, бентонитовые глины, кварцевые пески) и организации производственных мощностей для их комплексной переработки с участием научного потенциала Навоийского отделения Академии наук.

2 - этап: получение лицензии на проведение геологоразведочных работ за счет собственных средств вновь созданного совместного предприятия с участием инвестора и осуществление геолого-

разведочных работ с одновременной опытно-промышленной добычей и экспериментальной переработкой.

3 - этап: после утверждения запасов на комплекс нерудных полезных ископаемых, получение лицензии на осуществление комплексной добычи и переработки.

4 - этап: начало и завершение строительства мельничного комплекса с упаковочной линией и фабрики по обогащению кварцевых песков в пульсационной колонне, а также цеха по бескислотному разложению доломита для получения оксида магния.

Такой комплексный подход освоения месторождения нерудных полезных ископаемых даст возможность более эффективного использования вложенных финансовых средств и получения максимальной прибыли за счет производства одновременно нескольких востребованных на рынке видов товарной продукции. Это также может послужить наглядным примером эффективного подхода к решению задачи повышения привлекательности объектов нерудных полезных ископаемых для привлечения иностранных инвестиций.

### Библиографический список:

1. А.У. Мирзаев. Литология, палеогеография, фации и полезные ископаемые осадочных формаций палеогена Кызылкумов. – Навои: Изд-во им. А.Навои, 2020. – 232 с.
2. А.У. Мирзаев, Х. Чиникулов, А. Абдувахобов. О доломитах палеогена гор Вауш (ЮжныйНуратау) // Геология и минеральные ресурсы // 2/2001. - С. 41-46.
3. Д.К. Адылов, А.У. Мирзаев, У.М. Турдалиев, Н.И. Черниченко, Ш.Ф. Шарипов. Комплексная переработка доломита // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. - №2. – С. 80-82.
4. А.У. Мирзаев, Х. Чиникулов. Глины месторождения Навбахор (Узбекистан) // Литология и полезные ископаемые. Москва - 2003. - № 3. С.3-11.
5. Минерально-сырьевые ресурсы Узбекистана. Ташкент: Фан, 1977, 553 с.
6. С.Д. Морозов, У.М. Расулов, В.С. Бойко, В.И. Троицкий. Геология палеогеновых отложений Центральных и Юго-Восточных Кызылкумов. – Ташкент: Фан, 1988. – 140 с.
7. А.У. Мирзаев, Х. Чиникулов. Подводные морские течения в палеогеновом морском бассейне Кызылкумов. // Geologiya va mineral resurslar. Ташкент – 2002. - № 5. - 41 с.
8. А.У. Мирзаев, С.В. Почтовый, Ф.Ф. Истаблаев, Ш.Р. Курбонова. Перспективы разработки месторождений нерудных полезных ископаемых Кызылкумов на примере кварцевых песков // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. - №4. – С. 70-73.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 82-86

### PROSPECTS FOR ATTRACTING FOREIGN INVESTMENT FOR THE DEVELOPMENT OF NON-METALLIC MINERALS IN THE COMPLEX ON THE EXAMPLE OF THE "VAUSH" DEPOSIT

<sup>1</sup>Mirzaev B.A., trainee researcher

<sup>1</sup>Sharipov Sh.F., doctoral student

<sup>1</sup>Istablav F.F., junior researcher

<sup>1</sup>Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

#### Abstract

This article provides information about the Dolomites, bentonite clays and quartz Sands of The vaush Deposit located in the Navoi region. The analysis of physical and chemical properties and composition of natural mineral raw materials is carried out. The prospects of developing the "VAUSH" field are proved.

**Keywords:** dolomite, deposit, mineral, carbonate, slope, quartz sand, a pulse column.

#### References

1. A.U. Mirzaev. Lithology, paleogeography, facies and minerals of sedimentary formations of the Kyzyl Kum Paleogene. - Navoi: Publishing house im. A. Navoi, 2020. -- 232 p.
2. A.U. Mirzaev, H. Chinikulov, A. Abdurahobov. On the Paleogene dolomites of the Vaush mountains (South Nuratau) // Geology and mineral resources // 2/2001. - pp. 41-46.
3. D.K. Adylov, A.U. Mirzaev, U. M. Turdialiev, N.I. Chernichenko, Sh.F. Sharipov. Complex processing of dolomite // Mining Bulletin of Uzbekistan. - Navoi, 2019. - No. 2. - pp. 80-82.
4. A.U. Mirzaev, H. Chinikulov. Clays of the Navbahor deposit (Uzbekistan) // Lithology and useful minerals. Moscow - 2003. - No. 3. pp. 3-11.
5. Mineral resources of Uzbekistan. Tashkent: Fan, 1977, 553 p.
- 6.S.D. Morozov, U. M. Rasulov, V.S. Boyko, V.I. Troitsky. Geology of Paleogene sediments of the Central and South-Eastern Kyzyl Kum. - Tashkent: Fan, 1988. -- 140 p.
7. A.U. Mirzaev, H. Chinikulov. Underwater sea currents in the Kyzyl Kum Paleogene sea basin. // Geologiya va mineral resurslar. Tashkent - 2002. - No. 5. - 41 p.
8. A.U. Mirzaev, S.V. Postal, F.F. Istablav, Sh.R. Kurbonov. Prospects for the development of deposits of nonmetallic minerals in Kyzylkum on the example of quartz sands // Gorny Vestnik of Uzbekistan. - Navoi, 2019. - No. 4. - pp. 70-73.

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО ЦЕХА РУДНИКА «МАРДЖАНБУЛАК»

*Maqolada oltin ajratish cexining texnogen chiqindilaridan oltin ajratib olishning sorbcion cianidlash, gravitacion va flotacion boyitish usullari laboratoriya sharoitida urganilgan va tahlil qilingan.*

**Tayanch iboralar:** *texnogen chiqindilar, granulometrik tahlil, sorbcion cianidlash, gravitacion boyitish, flotacion boyitish.*

*В статье рассматриваются и анализируются методы сорбционного цианирования, гравитационного и флотационного обогащения золота из техногенных отходов золотоизвлекательного цеха в лабораторных условиях.*

**Ключевые слова:** *техногенные отходы, гранулометрический анализ, сорбционное цианирование, гравитационное обогащение, флотационное обогащение.*

Сулейманов Г.Ю.,  
главный технолог ЮРУ  
ГП НГМК



Рузиев Г.М.,  
ведущий инженер-технолог  
службы главного технолога  
ЮРУ ГП НГМК



Истощение запасов руд Марджанбулакского рудного поля требует поиска и определения новых технологических решений по вовлечению в переработку накопившихся более чем за 35 лет техногенных отходов Марджанбулакского золотоизвлекательного цеха (МЗИЦ).

Отходы МЗИЦ можно считать техногенной сырьевой базой для действующего производства.

Для проведения исследования были отобраны 2 усредненные пробы со старого хвостохранилища МЗИЦ. Глубина отбора проб составляет 2 м от поверхности хвостохранилища. Данные пробы представляют смешанные хвосты МЗИЦ от переработки окисленных и сульфидных руд за период 2013-2018 годы. Результаты пробирного и спектрального анализа проб представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Номер пробы | Анализа проб        |         |             |           |
|-------------|---------------------|---------|-------------|-----------|
|             | Содержания в пробах |         |             |           |
|             | Au, г/т             | Ag, г/т | S сульф., % | C орг., % |
| №1          | 1,00                | 7,02    | 0,97        | 0,47      |
| №2          | 0,90                | 5,06    | 0,88        | 0,51      |

Результаты гранулометрического анализа с распределением золота по классам крупности представлены в табл. 2.

Таблица 2

| Класс крупности     | Выход, % | Содержание Au, г/т | Распределения Au, % |
|---------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                     |          |                    |                     |
| <b>Проба №1</b>     |          |                    |                     |
| +0,15 мм            | 11,1     | 0,84               | 9,3                 |
| -0,15 мм +0,074 мм  | 25,6     | 1,19               | 30,5                |
| -0,074 мм +0,040 мм | 15,8     | 1,07               | 16,9                |
| -0,040 мм           | 47,5     | 0,91               | 43,3                |
| Итого               | 100,0    | 1,00               | 100,0               |
| <b>Проба №2</b>     |          |                    |                     |
| +0,15 мм            | 22,8     | 0,92               | 23,3                |
| -0,15 мм +0,074 мм  | 27,8     | 0,80               | 24,6                |
| -0,074 мм +0,040 мм | 14,6     | 0,96               | 15,5                |
| -0,040 мм           | 34,8     | 0,95               | 36,6                |
| Итого               | 100,0    | 0,90               | 100,00              |

Из таблицы следует, что содержание золота по классам крупности изменяется незначительно (от 0,84 до 1,19 г/т для пробы № 1 и от 0,8 до 0,96 г/т для пробы № 2) и распределение металла практически

равнозначно выходам. Содержание готового класса (-0,074 мм) составило: для пробы №1-63,3%; для пробы №2 -49,4%.

В табл. 3 приведены результаты сорбционного цианирования исходных проб и доизмельченных до классов крупности 0,074 и 0,044 мм. Сорбционное цианирование проб вели при параметрах: Т:Ж = 1:1,5; исходная C(NaCN) - 250 мг/л; время сорбции - 15 ч; загрузка ионообменной смолы - 1,0% от объема пульпы. Также в табл.3 приведены результаты сорбционного цианирования измельченных проб с предварительной щелочной обработкой. Щелочную обработку проводили при параметрах: Т:Ж = 1:4; исходная C(NaOH) - 100 г/л; Т-60±70°С время обработки 2 ч, после обработки пробы отмывали до pH пульпы = 10,5.

Таблица 3

| Операции, выполненные перед сорбционным цианированием             | Показатели сорбционного цианирования проб |        |               |
|---|---|--------|---------------|
|   | Содержание Au в твердой фазе г/л          |        | Извлечение, % |
|   | Исходная                                  | Хвосты |               |
| <b>Проба № 1</b>  |   |        |               |
| Исходная проба (выход класса -0,074 мм -63,3%)                    | 1,00                                      | 0,75   | 25,0          |
| Доизмельчение до 100% класса -0,074 мм                            | 1,00                                      | 0,69   | 31,0          |
| Доизмельчение до 100% класса -0,040 мм                            | 1,00                                      | 0,67   | 33,0          |
| Щелочная обработка пробы, доизмельченной до 100% класса -0,040 мм | 1,00                                      | 0,86   | 14,0          |
| <b>Проба № 2</b>  |   |        |               |
| Исходная проба (выход класса -0,074 мм -49,4%)                    | 0,90                                      | 0,79   | 12,2          |
| Доизмельчение до 100% класса -0,074 мм                            | 0,90                                      | 0,67   | 25,6          |
| Доизмельчение до 100% класса -0,040 мм                            | 0,90                                      | 0,66   | 26,7          |
| Щелочная обработка пробы, доизмельченной до 100% класса -0,040 мм | 0,90                                      | 0,84   | 6,7           |

По данным таблицы видно, что извлечение золота при сорбционном цианировании исходных проб не высокое и составило 25,0% для пробы № 1 и 12,2% для пробы № 2. Доизмельчение исходных проб до 100% класса - 0,074 мм и 0,044 мм несколько повышает извлечение золота, однако в целом остается довольно на низком уровне 31,0-33,0% для пробы № 1 и 25,6-26,7% для пробы № 2.

Таблица 4

| Результаты опытов                              |          |                    |                  |
|--|----------|--------------------|------------------|
| Продукты                                       | Выход, % | Содержание Au, г/т | Извлечения Au, % |
| Проба №1 без доизмельчения                     |          |                    |                  |
| Гравиоконцентрат                               | 0,90     | 20,1               | 18,5             |
| Хвосты гравитации                              | 99,1     | 0,81               | 81,5             |
| Исходная руда                                  | 100,0    | 0,98               | 100,0            |
| Проба №1 с доизмельчением 82% класса -0,074 мм |          |                    |                  |
| Гравиоконцентрат                               | 3,0      | 9,55               | 28,8             |
| Хвосты гравитации                              | 97,0     | 0,73               | 71,2             |
| Исходная руда                                  | 100,0    | 0,99               | 100,0            |
| Проба №2 без доизмельчения                     |          |                    |                  |
| Гравиоконцентрат                               | 6,2      | 2,60               | 18,0             |
| Хвосты гравитации                              | 93,8     | 0,78               | 82,0             |
| Исходная руда                                  | 100,0    | 0,89               | 100,0            |
| Проба №2 с доизмельчением 82% класса -0,074 мм |          |                    |                  |
| Гравиоконцентрат                               | 3,4      | 4,50               | 17,2             |
| Хвосты гравитации                              | 96,6     | 0,76               | 82,8             |
| Исходная руда                                  | 100,0    | 0,89               | 100,0            |

Таблица 5

| Результаты опытов                         |          |                    |                  |
|---|----------|--------------------|------------------|
| Продукты                                  | Выход, % | Содержание Au, г/т | Извлечения Au, % |
| Хвосты гравитации доизмельченной пробы №1 |          |                    |                  |
| Флотоконцентрат ОФ                        | 8,7      | 3,5                | 41,45            |
| Флотоконцентрат КФ                        | 5,6      | 1,56               | 11,89            |
| Общ. флотоконцентрат                      | 14,3     | 2,74               | 53,34            |
| Хвосты флотации                           | 85,7     | 0,4                | 46,66            |
| Исходная руда                             | 100,0    | 0,73466            | 100,0            |
| Хвосты гравитации доизмельченной пробы №2 |          |                    |                  |
| Флотоконцентрат ОФ                        | 8,2      | 4,30               | 46,20            |
| Флотоконцентрат КФ                        | 4,6      | 2,10               | 12,66            |
| Общ. флотоконцентрат                      | 12,8     | 3,51               | 58,86            |
| Хвосты флотации                           | 87,2     | 0,36               | 41,14            |
| Исходная руда                             | 100,0    | 0,76               | 100,00           |

В процессе изучения технологических свойств исследуемых проб, были проведены тестовые опыты по гравитационному обогащению исходных и доизмельченных проб и флотационному обогащению хвостов гравитации доизмельченных проб. Гравитационное обогащение проб проводили на лабораторном шлюзе, результаты опытов приведены в табл. 4.

Флотационное обогащение хвостов гравитации доизмельченных проб проводили при следующих параметрах:

Основная флотация:

Время флотации – 20 м; CuSO<sub>4</sub> – 100 г/т; Kst – 120 г/т; T-92-100 г/т.

Контрольная флотация:

Время флотации – 15 м; CuSO<sub>4</sub> – 0 г/т; Kst – 60 г/т; T-92-50 г/т.

Результаты представлены в табл. 5.

Гранулометрический анализ показал, что содержание золота по классам крупности изменяется незначительно (от 0,84 до 1,19 г/т для пробы № 1 и от 0,8 до 0,96 г/т для пробы № 2) и распределение металла по классам крупности практически равнозначно выходам.

Извлечение золота при сорбционном цианировании исходных проб не высоко: 25,0% для пробы № 1 и 12,2% для пробы № 2. Доизмельчение исходных проб до 100% класса -0,074 мм и 0,044 мм

несколько повышает извлечение золота, однако в целом остается довольно на низком уровне 31,0-33,0% для пробы №1 и 25,6-26,7% для пробы № 2.

Исходные пробы плохо поддаются гравитационному обогащению на шлюзе, извлечение в гравиоконцентрат составило 18,5% для пробы № 1 и 18,0% для пробы № 2. Гравитационное обогащение доизмельченных проб показало неравнозначные результаты: для пробы № 1 извлечение в гравиоконцентрат повысилось до 28,8% за счет увеличения выхода, для пробы № 2 наоборот снизилось до 17,2%.

Результаты флотационного обогащения хвостов гравитации доизмельченных проб показало возможность доизвлечения золота методом флотации. Извлечение золота во флотоконцентрат составило 53,34-58,86%, при выходе флотоконцентрата 14,3-12,8% и содержании золота в хвостах флотации 0,4-0,36 г/т соответственно.

Сквозное извлечение золота из проб хвостохранилища МЗИЦ по гравитационно-флотационной схеме получено на уровне 65,9 - 66,8%, без учета извлечения золота из концентратов. Для определения оптимального варианта переработки лежалых хвостов МЗИЦ, необходимо продолжить исследования с отбором представительных проб по всей площади хвостохранилища.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

*Maqolada flotoreagentlarga qo'shimcha sifatida yarimfunktional reagent va NSH reagenti qo'shish tajribasi natijalari keltirilgan. Tajribalar polimetall rudalar va qo'shimcha reagentlarning sarfi miqdorini aniqlandi. Olingan natijalar shunday xulosasiga ko'ra, yig'uvchi reagent sifatida ishlatilgan yarimfunktional reagent va NSH reagenti qo'llanilganda chiqindidan ajratib olingan konsentratning sifati yaxshilandi va NSH reagentini sarfi ko'payganda mis va temimi ajratib olish foizi miqdori oshib bordi.*

**Tayanch iboralar:** eritma, mis, flotatsiya, maydalash, konsentrat, mahsulot, reaktiv, maydalash, tajriba.

*В статье приведены результаты исследований добавления к флотационным реагентам полуфункциональных реагентов и реагентов NSH. Эксперименты выявили расход полиметаллических руд и дополнительных реагентов. Результаты показали, что использование полуфункциональных реагентов и реагентов NSH, используемых в качестве собирающих реагентов, улучшило качество концентрата, извлекаемого из отходов, а процент извлечения меди и железа увеличивался по мере увеличения потребления реагентов NSH.*

**Ключевые слова:** раствор, медь, флотация, помол, концентрат, продукт, реагент, помол, эксперимент.

При лабораторных испытаниях на обогатимость флотацией обычно берут навески от 100 гр до 2-3 кг, чаще всего 0,5-1 кг. Для того, чтобы не было колебаний в содержании металлов в исходном материале для каждого опыта, необходимо сохранить отношение между диаметром наиболее крупных зерен и весом пробы. Для руд цветных металлов при весе пробы 0,5-1 крупность материала соответственно должна быть не выше 1,5-3 мм. При испытаниях пользуются водопроводной водой, не содержащей солей железа, которые появляются при окислении водопроводных металлических труб, или естественной фабричной водой.

Измельчение руды для опытов по флотации производится в мельницах в водной среде в соотношении Ж:Т=1:0,5:6. Флотационные испытания проводятся в лабораторных флотационных машинах объемом камеры 8,0; 3,0; 0,5; 1,5; 0,25; 0,2; 11.

Объем камеры подбирается в зависимости от навески флотуемого продукта и процента твердого в данной операции.

Расчет объема камеры флотомашин ведется по формуле:

$$V = Q \left( R + \frac{1}{\delta} \right), \text{ см}^3$$

где: V – объем камеры, см<sup>3</sup>

Q - навеска пробы, гр.

R - отношение Ж:Т по массе

δ - удельный вес пробы, гр/см<sup>3</sup>

Перед загрузкой машину промывают, включают электродвигатель, закрывают трубку, подводящую воздух, взмучивают пульпу в приемнике, после чего она выливается в отделение машины, где производится перемешивание. Если на дне остался слой осевшего материала, то добавляют небольшое количество воды и выливают в флотомашину.

Во флотомашину добавляют такое количество воды, чтобы обеспечить свободную циркуляцию пульпы из камеры для перемешивания в пирамидальную камеру.

После этого добавляют в определенном порядке реагенты, необходимое время перемешивают и впускают воздух. Если уровень оказался низким, в машину добавляют воду в таком количестве, чтобы гребок, снимающий пену, касался уровня пульпы. В процессе снятия пены с ней увлекается значительное количество воды, и уровень пульпы падает. Для поддержания постоянного уровня добавляется вода, имеющая примерно ту же щелочность, что и пульпа в начале флотации. При проведении опыта нужно несколько раз смывать налившуюся на стенки и другие части камеры пену.

На исследование были получены пробы из Калмакырской руды (Медь, молибден) и шлага Алмалыкского медеплавильного завода, в котором медь представлена в форме сульфидных включений с неболь-

шим содержанием металлической меди. Химический состав конвертерных шлаков, %: 2-4 меди, 20-25 кремния, 3-5 серы, 45-52 железа.

Использованные реагенты:

Ко всем флотационным реагентам предъявляются следующие требования: селективность действия, стандартность качества, дешевизна и не дефицитность, удобство в применении (устойчивость при хранении, легкая растворимость в воде, отсутствие неприятного запаха и т.д.).

Направленное изменение поверхностной энергии раздела фаз под действием флотационных реагентов достигается в результате их химических взаимодействий в объеме жидкой фазы и адсорбции на поверхности возможность протекания, которых зависит от природы и состояния межфазной поверхности и реагентов в пульпе.

При выполнении экспериментов были использованы реагенты:

В качестве собирателя применяли ПС и бутиловый ксантогенат, который является сульфидрильным собирателем при флотации руд цветных и благородных металлов. (30-300 г/т руды). В качестве добавки к бутиловому ксантогенату применяли 1%-й раствор НШ-1, который является отходом маслозавода. Первый монослой ксантогената закрепившегося на поверхности флотуемого сульфидного минерала, является хемосорбированным и представляет собой сульфидоксантогенат.

В качестве пенообразователя использовали Т-92, который является синтетическим реагентом. В качестве добавки применяли, отходы маслозавода, 1%-й раствор НШ-1. Пенообразователи оказывают существенное влияние на крупность пузырьков на флотационной машине, на скорость их подъема и содержание воздуха в пульпе, на стабильность пены и прилипание частиц к пузырькам.

Реагенты подавались в разных соотношениях.

Первая серия опытов, 9 навесок по 1 кг была поставлена с использованием собирателей ПС совместно к ксантогенатом.

Вторая серия опытов, 9 навесок по 1 кг, была поставлена на расход пенообразователя НШ-1 и НА-1.

При проведении опыта пену собирали в фарфоровую чашку. После отстаивания, избыток воды сливали, а твердое сушили и взвешивали на аналитических весах. Полученные продукты (основной и контрольной концентраты, хвосты и исходную пробу) подвергали химическому анализу по определенной методике.

Приготовление и подача реагентов

Для исследований было приготовлено 1%-е растворы ПС1 и НШ-1 и НА-1. Для этого использовали термостойкий стакан объемом 1 литр, мешалку. С помощью мерного цилиндра подавались ПС, НШ-1 и НА-1. Кроме этого были использованы бутиловый ксантогенат, Т-92, известь.

**Самадов А. У.,**  
директор Алмалыкского филиала ТашГУ им. И. Каримова, д.т.н., доцент



**Носиров Н.И.,**  
ассистент кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала ТашГУ им. И. Каримова



Таблица 1

Зависимость степени содержания меди при флотации от расхода (НШ) собирателя

|   | Наименование продукции | Выход % | Содержание меди % | Извлечение меди % | Расход НШ мгр/кг |
|---|------------------------|---------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Осн.кон.               | 1,6     | 18,2              | 71,02             | 0                |
|   | Хвосты                 |         | 0,08              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 2 | Осн.кон.               | 1,6     | 17,1              | 67                | 50               |
|   | Хвосты                 |         | 0,10              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 3 | Осн.кон.               | 1,23    | 17,3              | 66,4              | 100              |
|   | Хвосты                 |         | 0,09              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 4 | Осн.кон.               | 1,5     | 17,9              | 65,5              | 150              |
|   | Хвосты                 |         | 0,06              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 5 | Осн.кон.               | 1,9     | 18,68             | 76,1              | 200              |
|   | Хвосты                 |         | 0,10              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 6 | Осн.кон.               | 1,94    | 18,13             | 75,77             | 250              |
|   | Хвосты                 |         | 0,06              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 7 | Осн.кон.               | 2,03    | 17,79             | 75,01             | 300              |
|   | Хвосты                 |         | 0,08              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 8 | Осн.кон.               | 2,87    | 17,32             | 74,45             | 400              |
|   | Хвосты                 |         | 0,07              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |
| 9 | Осн.кон.               | 2,93    | 16,03             | 73,46             | 500              |
|   | Хвосты                 |         | 0,08              |                   |                  |
|   | Исходная               |         | 0,41              |                   |                  |

Таблица 2

Зависимость степени содержания меди при флотации от расхода (НА-1) пенообразователя

|   | Наименование продукции | Выход % | Содержание меди % | Извлечение меди % | Расход ПС мгр/кг |
|---|------------------------|---------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Осн.кон.               | 3,56    | 16,11             | 58,23             | 0                |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,44              |                   |                  |
| 2 | Осн.кон.               | 3,91    | 14,98             | 57,03             | 50               |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,42              |                   |                  |
| 3 | Осн.кон.               | 3,47    | 15,78             | 57,97             | 100              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,41              |                   |                  |
| 4 | Осн.кон.               | 3,53    | 16,75             | 58,95             | 150              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,41              |                   |                  |
| 5 | Осн.кон.               | 3,75    | 15,93             | 58,01             | 200              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,49              |                   |                  |
| 6 | Осн.кон.               | 3,32    | 14,78             | 55,27             | 250              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,43              |                   |                  |
| 7 | Осн.кон.               | 3,92    | 14,07             | 54,98             | 300              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,47              |                   |                  |
| 8 | Осн.кон.               | 3,47    | 13,96             | 53,96             | 400              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,41              |                   |                  |
| 9 | Осн.кон.               | 3,91    | 13,75             | 53,17             | 500              |
|   | Исходная               |         | 1,018             |                   |                  |
|   | Хвост                  |         | 0,49              |                   |                  |

Изучали зависимость изменения содержания меди и молибдена в концентрате от расхода нового, местного и дешевого собирателя ПС и НШ и пенообразователя НА-1.

Опыты из 9 проб проводились в открытом цикле и уточнялись расходы ПС на минералы меди в медном шлаке.

Вторая серия опытов из семи проб также проводилась в открытом цикле и уточнялись расходы НШ, как пенообразователь для полиметаллические руды и медного шлака.

Результаты опытов показаны на рисунки и в табл. 1, 2;

При меньших расходах НШ и ПС были получены концентраты с низким содержанием и извлечением меди в медных концентратах при флотации шлаков.

Наилучшие результаты были получены при расходах НШ – 200 г/т и ПС-3 г/т.

Опыты проводились в щелочной среде при pH=9-11, создаваемой известью.

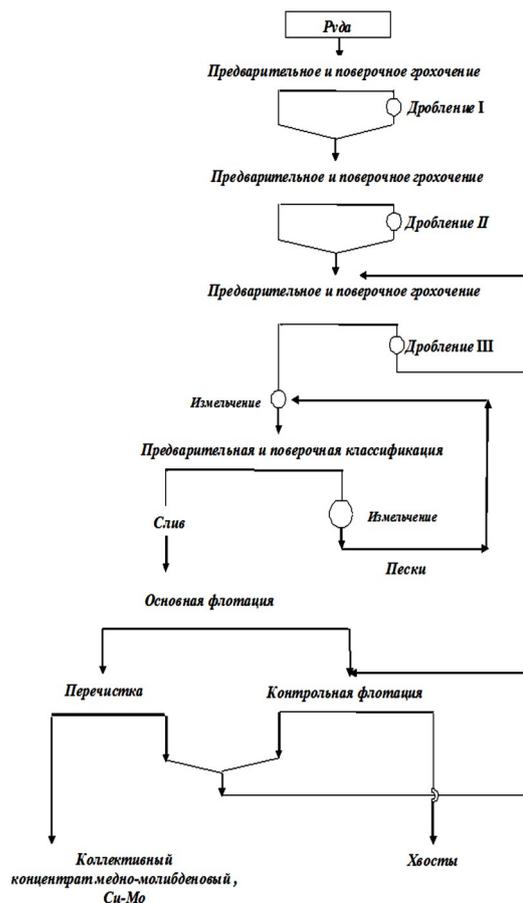
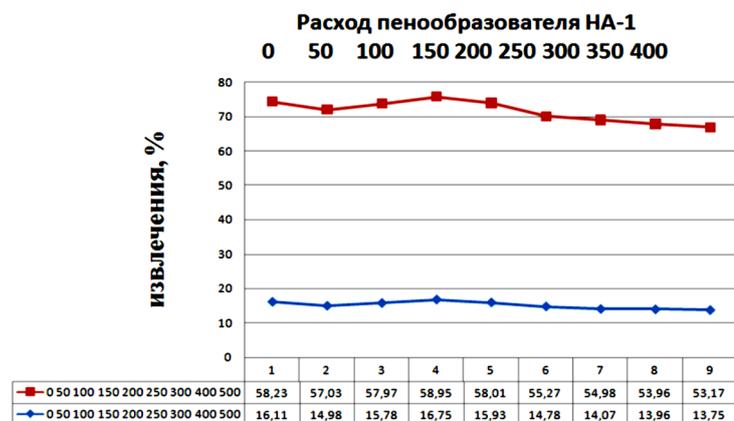
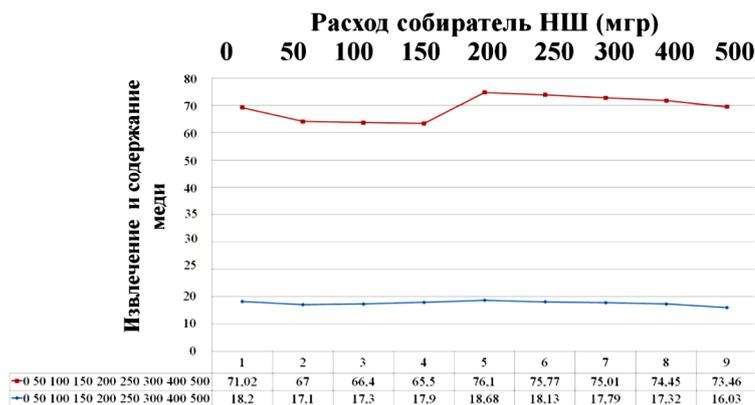


Рис. 1. Рекомендуемая технологическая схема и расходы НШ и ПС

Таким образом, из лабораторных опытов определились следующие условия флотации руды и шлаков. Измельчение руды и шлака крупностью 2-2,5 мм в течение 10, 30, 40, 50, 60, 70 м и таким образом определялось время измельчения. Затем проводили основную флотацию для руды 7 мин, для шлака 15 минут и контрольную флотацию для руды 5 мин, для шлака 15 мин с фабричным реагентным режимом.

Дальнейшие 9 опытов были поставлены на расход НШ и ПС.

Полученные результаты опытов в открытом цикле позволяют заключить, что при расходе НШ-1 -2 г/т и бутилового ксантогената 3 г/т, а также при расходе 1 г/т пенообразователя ПС 3 г/т и Т-92 -50 г/т получены хорошие показатели. Таким образом наши реагенты показали хорошие результаты.

### Библиографический список:

- Семенов Е.И. Минералогический справочник. Изд. ПК ГЕОС ГМ. 2002.- 213 с
- Липин Б.С. О составе фаялитового силиката в шлаке медного штейна. Труды института геологических наук АН СССР. Вып. 40. М. 1941. С. 5-13.
- Самадов А.У. Особенности комплексного подхода переработки техногенных образований горно-металлургических производств: Дис. докт.техн.наук. - Ташкент: Ташкентский государственный технический университет 2017. – 186 с.
- Самадов А.У. Исследование процесса выщелачивания благородных металлов из лежалых хвостов золотоизвлекательных фабрик // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2016. – №1. – С. 194–199.

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВОЗДУШНОГО ФИЛЬТРА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА



**Абдуазизов Н.А.**,  
проректор по учебной работе  
НГГИ, д.т.н.



**Исломов З.Р.**,  
зам. начальника ЦРГО рудника  
"Ауминзо-Амантой" ЦРУ НГМК



**Джураев Р.У.**,  
доцент кафедры «Горная электро-  
механика», НГГИ, к.т.н.



**Жураев А.Ш.**,  
ассистент кафедры  
«Горная электромеханика», НГГИ

*Gidravlik ekskavatorlarning gidravlik tizimining ishchanligi va ekspluatatsion samaradorligi avvalam bor ishchi suyuqliklarning xususiyati va tozaligiga bog'liqdir. Harakatlanuvchi detallarining orasidagi tirqishlarning kattaliklari 5-4 mkm bo'lgan, yo'qori aniqlikdagi gidravlik uskunalar qo'llanilganda ishchi suyuqliklarning tozaligiga yo'qori talablar qo'yiladi.*

*Gidravlik tizimlarga kiradigan ifloslanish ularning tarkibi va hajmi jihatidan farq qiladi. Shunga ko'ra, ularning asbob-uskunalarning ishlashiga ta'siri darajasi farqlanadi.*

*Ushbu maqolada gidravlik ekskavatorning havo filtrini ratsional konstruksiyasini ishlab chiqish ivaziga gidravlik ekskavatorlarning gidravlik tizimi ishchi suyuqliklarini ifloslanishini kamaytirish mumkinligi keltirilgan.*

**Tayanch iboralar:** *Gidravlik ekskavator, ishchi suyuqlik, changlilik, ifloslanish, gidrobak, havo filtri, gidravlik tizim.*

*Работоспособность и эксплуатационная эффективность гидравлической системы гидрофицированных карьерных экскаваторов зависит, прежде всего от свойств и чистоты гидравлических рабочих жидкостей. Применение гидрооборудования высокого класса точности, имеющего зазоры между подвижными деталями в пределах 5-4 мкм, предъявляет повышенные требования к очистке гидросистем машин и чистоте рабочих жидкостей.*

*Загрязнения, попадающие в гидравлические системы, отличаются как по своему составу, так и по размерам. Соответственно, отличаются и степень их влияния на работоспособность оборудования.*

*В данной статье рассмотрены рациональные конструктивные решения разработки воздушного фильтра гидравлического экскаватора способствующие поддержанию в чистоте рабочей жидкости гидравлической системы.*

**Ключевые слова:** *гидравлический экскаватор, рабочая жидкость, запыленность, загрязнения, гидробак, воздушный фильтр, гидравлическая система.*

В работах [1,2] приведены отрицательные действия загрязнения рабочей жидкости на общую работу гидравлической системы карьерного гидрофицированного экскаватора. Выявлено что эффективная работа элементов гидравлической системы в большинстве случаев зависит от состояния гидравлической рабочей жидкости.

Рабочая жидкость загрязняется при контакте с воздухом, особенно запыленным, в момент залива ее в гидробак либо во время транспортировки в открытых емкостях. Не исключено и проникновение запыленного воздуха через сапун гидробака и подсос через неплотности соединений нагнетающей магистрали гидросистемы.

Загрязнение рабочей жидкости крайне отрицательно влияет на надежность и долговечность гидросистем. Механические примеси, двигаясь вместе с жидкостью, попадают в зазоры движущихся деталей, на поверхности плоских пар трения, на фаски клапанов, в щели и отверстия дросселей и демпферов, вызывают повышенный износ и отказы (заклинивание плунжеров, защемление золотников, потерю герметичности клапанов, закупорку каналов малого сечения и др.) [3].

Особенно чувствительны к загрязнениям аксиально-плунжерные насосы с торцовым распределением и следящие золотники систем с автоматическим управлением и регулированием.

Для плунжерных и золотниковых пар наибольшую опасность представляют твердые частицы размерами, соизмеримыми с размерами рабочих зазоров.

Загрязнение также ведет к ускорению износа деталей: от 75 до 85 процентов неисправностей гидронасосов, гидромоторов, гидравлических цилиндров и клапанов обусловлены загрязнением.

Из-за исключительно малых зазоров в современных гидравлических системах даже невидимые частицы могут привести к повреждению гидронасосов, гидромоторов, цилиндров и клапанов в результате абразивного, адгезионного и усталостного износа [4].

Многие неисправности гидравлической системы, возможно, избежать предотвращением загрязнения рабочей жидкости. Контролируя загрязнения рабочей жидкости можно обеспечить эффективность эксплуатации системы, продлить срок эксплуатации узлов и деталей и устранять неисправности приводящие к незапланированным простоям.

При эксплуатации гидрофицированных оборудования в открытых горных работах со сложными климатическими условиями такие факторы как запыленность и влага являются основными причинами выхода из строя гидравлической системы.

Мелкодисперсные частицы пыли, образующиеся при технологических процессах (взрывы уступов, передвижение тяжелого транспорта и т.п.) являются основным загрязняющим веществом рабочей жидкости гидравлических систем, а их абразивные свойства приводят к поломкам узловых элементов. Средняя концентрация мелкодисперсной пыли на карьере составляет от 12,3 до 20 мг/м<sup>3</sup>, а средние размеры не превышают 10 мкм.

Эффективность карьерных гидравлических экскаваторов, эксплуатируемых на открытых горных работах в Кызылкумском регионе в основном снижается из-за не стабильной работы гидравлической системы. На надежность работы гидравлической системы влияют температурные факторы и низкое качество рабочей жидкости за счет загрязнения [5].

Снижение или предотвращения попадания твердых частиц является важным показателем повышения эффективности, работоспособности и надежности системы.

Анализ загрязнения рабочих жидкостей гидравлических экскаваторов, эксплуатируемых в Кызылкумском регионе показывает, что, твердые частицы в гидравлическую жидкость поступают через воздушные фильтры гидробака и гидроцилиндра.

При исследовании работы гидравлической системы карьерного гидравлического экскаватора выявлено что, гидравлическая рабочая

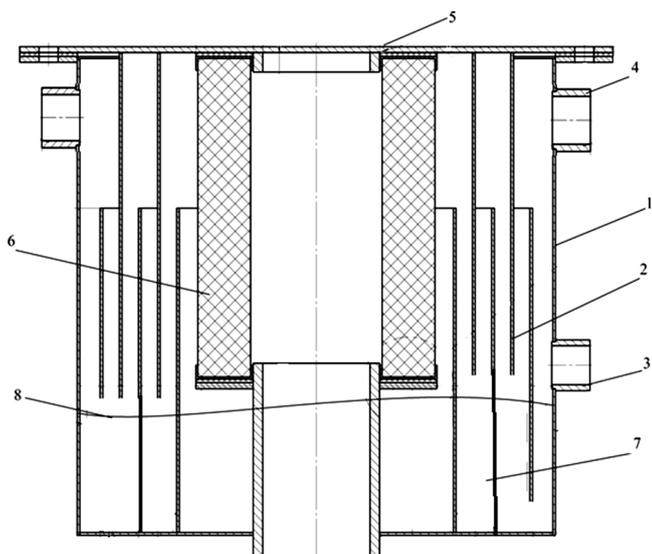


Рис.1. Воздушный фильтр гидробака с масляным слоем: 1-корпус фильтра, 2-пластинчатые перегородки, 3-отверстие слива масла, 4-отверстия входа воздуха, 5-крышка, 6- фильтр со хлопчатобумажным слоем, 7-масляная ванна, 8-масло

жидкость экскаватора, эксплуатируемого в запыленной среде быстрее засоряется твердыми пылевыми частицами относительно экскаватора, работающего в незапыленной среде.

Изначально твердые пылевые частицы в рабочую жидкость поступают в гидробак через воздушные фильтры, так как эти фильтры не способствуют полному очищению поступающего воздуха в систему. Далее загрязненная твердыми частицами рабочая жидкость при цирку-

ляции по системе изнашивает сальники и уплотнители гидроцилиндра, у которых снижается герметичность и в результате чего начинают пропускать рабочую жидкость при работе гидроцилиндра. Гидравлическая жидкость на поверхности штока собирает пылевые частицы, которые в дальнейшем поступают в систему.

Устранение чрезмерно высокого уровня загрязнения возможно за счет высокоэффективной фильтрации производимой внешними фильтрами и других средств.

Существующие воздушные фильтры гидробака гидравлического экскаватора эксплуатируемые в Кызылкумском регионе не в полной мере справляются со своей задачей, так как, эти фильтры не предназначены для пустынных зон, где содержание пыли в воздухе превышает в несколько раз относительно других регионов.

Обычные воздушные фильтры гидробака (Сапун) работают следующим образом, при прохождении воздуха через фильтр твердая фаза удерживается хлопчатобумажным защитным слоем, которая также удерживает и влагу. Но при прохождении интенсивного пылевого воздушного потока, данный защитный слой не справляется со своей задачей так как размеры мелкодисперсной пыли очень малы и не превышают 10 мкм, обычные фильтры неспособны удерживать их.

Для снижения загрязнения рабочей жидкости в гидробаке экскаватора возникает необходимость усовершенствования конструкции воздушного фильтра, которая соответствовала бы условиям эксплуатации.

Для снижения загрязнения рабочей жидкости в гидробаке экскаватора возникает необходимость усовершенствования конструкции воздушного фильтра, которая соответствовала бы условиям эксплуатации.

С целью повышения эффективности фильтрации нами разработана новая эффективная конструкция воздушного фильтра гидробака (рис. 1), которая способствует эффективной фильтрации воздуха за счет способности удержания мелкодисперсных частиц.

Разработанный фильтр работает следующим образом: очищаемый воздух через отверстия 4 поступает внутрь фильтра, проходит через пластинчатые перегородки 2 ударяясь в масляный слой 8, после через фильтр 6 поступает внутрь гидробака.

При прохождении через лабиринтные пластинчатые перегородки твердая фаза воздуха оседает, и масляный слой удерживает её, не давая возможности дальнейшему её движению. Хлопчатобумажный фильтр 6 служит для удержания мелкодисперсной пыли.

С целью определения эффективности разработанной нами новой конструкции воздушного фильтра гидробака были проведены промышленные испытания.

Для проведения испытания предлагаемого нового воздушного фильтра гидробака гидравлической системы экскаватора в качестве экспериментального объекта был выбран эксплуатируемый гидравлический экскаватор марки RH40E.

Испытания проводились в два этапа, в первом этапе после заливки новой гидравлической жидкости марки TELLUS - 68 в гидравлическую систему, на гидробак экскаватора устанавливался базовый фильтр «Сапун», каждые 500 машино-часов после наработки отбирался образец рабочей жидкости, общее время эксплуатации гидравлической жидкости составило 3000 машино-часов.

На втором этапе испытаний в гидравлическую систему также залили новую гидравлическую жидкость марки TELLUS - 68, и на гидробак экскаватора устанавливался разработанный фильтр, каждые 500 машино-часов после наработки отбирался образец рабочей

Таблица 1

Результаты анализа состава гидравлического масла TELLUS-68

| №                        | Наименование загрязнений | Ед. изм. | Результаты анализа образца №1       |       |       |      |      |      |
|--------------------------|--------------------------|----------|-------------------------------------|-------|-------|------|------|------|
|                          |                          |          | Время эксплуатации, t (машино-час). |       |       |      |      |      |
|                          |                          |          | 500                                 | 1000  | 1500  | 2000 | 2500 | 3000 |
| 1                        | Кремний                  | мг/кг    | 22,5                                | 47    | 69    | 91   | 115  | 136  |
| 2                        | Натрий                   | мг/кг    | 7,1                                 | 16,3  | 24    | 35   | 42   | 50   |
| 3                        | Калий                    | мг/кг    | 96                                  | 188   | 290   | 380  | 475  | 580  |
| 4                        | Вода                     | %        | 0,14                                | 0,27  | 0,38  | 0,56 | 0,68 | 0,8  |
| Общее кол-во загрязнений |                          | мг/кг    | 126,6                               | 251,3 | 383   | 506  | 632  | 766  |
| №                        | Наименование загрязнений | Ед. изм. | Результаты анализа образца №2       |       |       |      |      |      |
|                          |                          |          | Время эксплуатации, t (машино-час). |       |       |      |      |      |
|                          |                          |          | 500                                 | 1000  | 1500  | 2000 | 2500 | 3000 |
| 1                        | Кремний                  | мг/кг    | 11,3                                | 23    | 34    | 47   | 56   | 68   |
| 2                        | Натрий                   | мг/кг    | 4                                   | 7,5   | 11,3  | 16   | 19   | 23   |
| 3                        | Калий                    | мг/кг    | 41                                  | 80    | 122   | 163  | 200  | 240  |
| 4                        | Вода                     | %        | 0,06                                | 0,11  | 0,17  | 0,2  | 0,28 | 0,32 |
| Общее кол-во загрязнений |                          | мг/кг    | 56,3                                | 110,5 | 167,3 | 226  | 275  | 331  |

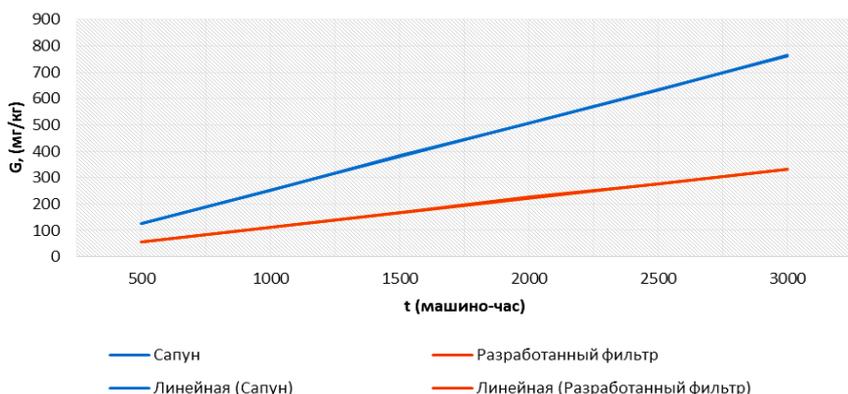


Рис. 2. График зависимости содержания загрязнения (G) от продолжительности эксплуатации (t) при использовании различных конструкций воздушного фильтра

жидкости, общее время эксплуатации гидравлической жидкости составило 3000 машино-часов.

Произведен сравнительный анализ состава гидравлической рабочей жидкости марки TELLUS - 68. Результаты анализа состава гидравлического масла TELLUS - 68 приведены в табл. 1.

По результатам экспериментальных исследований установлены зависимости (G) загрязнения рабочей гидравлической жидкости от (t) продолжительности эксплуатации.

Из графика наблюдается, что при использовании базового фильтра «Сапун», после 500 машино-часов работы гидравлического экскаватора в рабочей жидкости определились 126,6 мг/кг загрязнения и при каждом увеличении времени эксплуатации на 500 машино-часов величина загрязнения в гидравлической рабочей жидкости увеличи-

валась на 120-130 мг/кг, при использовании нами разработанной конструкции фильтра содержание загрязнения в рабочей жидкости снизилось на 45-55%.

Внедрение разработанного воздушного фильтра гидробака гидрофицированного экскаватора на рудниках позволит усовершенствовать эксплуатационные характеристики гидравлической системы гидрофицированного карьерного экскаватора за счет уменьшения простоев, связанных со снижением качества рабочей жидкости.

Применение разработанного воздушно-масляного фильтра повысит эксплуатационную эффективность гидравлической системы гидрофицированных экскаваторов на 55-60%, за счет увеличения работоспособности и предотвращения износа рабочей поверхности узлов гидравлической системы.

## Библиографический список:

1. Абдуазизов Н.А. Обоснование и выбор параметров системы «гидробак-охладитель» гидрообъемной силовой установки карьерного комбайна. //Диссертация на соискание кандидата технических наук. Москва, МГГУ. 2008 г. 25 с.
2. Абдуазизов Н.А. Обоснование параметров рабочей жидкости карьерных гидравлических экскаваторов для условий высоких температур окружающей среды. //Горный информационно-аналитический бюллетень, выпуск 1. – М.: Изд-во МГГУ, 2008, С 357-360.
3. Бродский Г.С. Повышение надежности гидрофицированных карьерных роторных экскаваторов путем создания систем кондиционирования рабочей жидкости. Диссертация на соискании ученой степени кандидата технических наук. М., 1986, 243 с.
4. Финкельштейн З.Л. Эффективность работы электромагнитного очистителя при различной крупности загрязнений. / З.Л. Финкельштейн, М.А. Ямкова // Вестн. НТУУ (—КПИИ) № 35, 1999. С. 137-141.
5. Джурев Р.У., Меркулов М.В. Результаты экспериментальных исследований вихревой трубки применительно к бурению геологоразведочных скважин. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Изд. МГГУ. Москва, 2015 г. – №4, –С. 349-352.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 92-94

## RATIONAL DESIGN SOLUTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF AN AIR FILTER FOR A HYDRAULIC EXCAVATOR

<sup>1</sup>Abduazizov N.A., Vice-rector for academic Affairs, Doctor of Technical Sciences

<sup>2</sup>Islomov Z.R., Deputy head of the mining equipment repair shop at the Auminzo-Amantoi mine of the Central Mining Administration

<sup>1</sup>Djuraev R.U., Assistant Professor, Department of Mining and Electromechanical Engineering

<sup>1</sup>Juraev A.S.H., Assistant of the Department of "Mining electromechanics"

<sup>1</sup>Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

<sup>2</sup>Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

### Abstract:

The performance and operational efficiency of the hydraulic system of hydrofected quarry excavators depends primarily on the properties and purity of hydraulic working fluids. The use of high-precision hydraulic equipment, which has gaps between moving parts within 5-4 microns, makes increased demands on the cleaning of hydraulic systems of machines and the cleanliness of working fluids.

Contamination entering hydraulic systems differs both in its composition and size. Accordingly, the degree of their influence on the performance of equipment also differs.

This article discusses rational design solutions for the development of an air filter for a hydraulic excavator that helps to maintain the working fluid of the hydraulic system clean.

**Keywords:** hydraulic excavator, working fluid, dust, contamination, hydraulic tank, air filter, hydraulic system.

### References

1. Abduazizov N. A. Justification and choice of parameters of the system "hydrobak-cooler" of the hydro-volume power plant of a quarry combine. // Dissertation for the candidate of technical Sciences. Moscow, Moscow state University, 2008. 25 p.
2. Abduazizov N. A. Substantiation of the parameters of the working fluid of quarry hydraulic excavators for high ambient temperatures. //Mining information-analytical Bulletin, issue 1. – M.: publishing house of Moscow state mining University, 2008, pp. 357-360.
3. Brodsky G. S. Improving the reliability of hydrofitted quarry rotary excavators by creating working fluid conditioning systems, Dissertation for the degree of candidate of technical Sciences, Moscow, 1986, 243 p.
4. Finkelstein Z. L. Efficiency of the electromagnetic purifier at various sizes of contamination. / Z. L. Finkelstein, M. A. Yamkova // Vestn. NTUU (- KPIII) no. 35, 1999. pp. 137-141.
5. Djuraev R.U., Merkulov M.V. Results of experimental studies of the vortex tube in relation to drilling of exploration wells.// Mining informational and analytical Bulletin. - Ed. Moscow state mining University. Moscow, 2015, no. 4, pp. 349-352.

## ВЛИЯНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ НА СТРУКТУРУ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ БЕЛЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ



**Абдуллаев К.С.,**  
Главный инженер  
ПО «НМЗ», НГМК



**Ахмедов Х.И.,**  
зав.кафедрой «Технология  
машиностроения», НГГИ



**Жумаев А.А.,**  
докторант, Навоийское  
отделение АН РУз



**Улугов Г.Д.,**  
инженер металлостроения  
ПО «НМЗ», НГМК

*Maqolada turli xil tarkibdagi va turli xil sovutish tezligida olingan xrom quyma dazmollarning aşınma direncini sinash bo'yicha tajribalar natijalari keltirilgan. O't o'chirish jarayonida quyma temir sovutgichlardan foydalanish orqali quyma temirning mexanik xususiyatlari va aşınma direncini yaxshilash mumkinligi ko'rsatildi. Parchalarning aşınmasına qarshilik yonishning texnologik parametrlarini o'zgartirish va quyma sovutgichlardan foydalanish, shuningdek, xrom bilan qotishma orqali amalga oshiriladi.*

**Tayanch iboralar:** *ekspluatatsiya, ta'minlovchi disk, to'g'ri legirlangan chyan, tuzilish, qatqilik, kristalanish, eishgard bardoshlilik, uyma muzlatgich.*

*В статье представлены результаты экспериментов по испытанию абразивной стойкости хромовых чугунов различного состава и полученных при разных скоростях охлаждения. Было показано, что механические свойства и сопротивление истиранию чугуна можно повысить за счет использования чугунных охладителей в процессе обжига. Устойчивость к истиранию деталей может быть достигнута изменением технологических параметров горения и применением литых холодильников, а также легированием хромом.*

**Ключевые слова:** *эксплуатационный, питающий диск, высоколегированный чугун, структура, твердость, кристаллизация, коррозионная стойкость, литой холодильник.*

Машиностроение нуждается в применении материалов, обладающих не только повышенными прочностными свойствами – временным сопротивлением, условным пределом упругости и прочности, но и другими специальными свойствами, как повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, жаростойкостью, то есть, свойствами, обеспечивающими повышенный срок службы деталей в самых разнообразных условиях эксплуатации. В первую очередь, это относится к таким классическим материалам, как сплавы железа с углеродом, в том числе, высоколегированным чугунам, область применения которых расширяется из года в год [1].

В настоящее время в литейном производстве Навоийского машиностроительного завода производится более 117 т в месяц литых деталей (отливок) из высокохромистого белого чугуна [2]. Наибольшую долю работ составляют детали оборудования, используемого для горных работ в качестве измельчителей горных пород. Примером такой детали является «питающие диски» турбодробилки двойного удара модели KEV 96, отливаемая из чугуна марки 330X17Л [3].

Задача по повышению износостойкости деталей из хромистых чугунов является комплексной и включает в себя выбор состава износостойкого чугуна в зависимости от условий эксплуатации детали, определение технологических параметров литья, разработку оптимального режима литья [7]. Параметры кристаллизации хромистых чугунов влияют на эксплуатационные свойства в значительно большей степени. Увеличение скорости охлаждения расплава в процессе кристаллизации и использование возможностей направленной кристаллизации изменяют параметры структурных составляющих [4], в частности, для чугунов это относится к таким параметрам, как размер и взаимное расположение карбидных структурных составляющих. Поэтому определение рациональной технологии изготовления отливок из хромистых чугунов имеет такое же важное значение, что и выбор состава сплава [5]. Дело в том, что состав металлических систем определяет их структуру, которая, в свою очередь, определяет свойства сплавов [6].

**Методы исследований и использованные материалы.** Дробилка модели KEV 96 эксплуатируется в абразивной среде в условиях сухого трения. Поэтому представляло интерес исследование износостойкости наиболее распространенных чугунов в этих условиях. Изучали износостойкость и механические свойства следующих трех разных марок хромистых чугунов: 300X32H2M2ТЛ, 280X29НЛ и 330X17Л. Составы исследованных чугунов представлены в табл. 1.

Образцы чугунов для испытаний отливали в земляные формы. Износостойкость изучали в режиме сухого трения. Хромистый чугун 280X29НЛ был выбран как наиболее распространенный износостойкий чугун в Республике Узбекистан. Комплексно-легированный никелем, молибденом и титаном чугун 300X32H2M2ТЛ обладает оптимальными механическими свойствами, хорошо зарекомендовал себя в горнорудной промышленности, в частности, при изготовлении детали «питающие диски номер 5233.00.009» турбодробилки двойного удара модели KEV 96. Легированный хромом и никелем чугун 330X17Л обладает хорошими механическими свойствами, хорошо зарекомендовал себя в горнорудной промышленности, при изготовлении детали «питающие диски» турбодробилки двойного удара модели KEV 96.

Температура плавки составила 1400°С и выбрана поскольку данная температура превышает температуру полного перехода сплава в жидкое состояние на 150 – 200°С. Температура литья составила 1380°С, выбрана на основании практики литья и с целью снижения объема полной литейной усадки.

Скорость охлаждения сплавов при литье в землю составила 100°С/м, при литье с применением литейных холодильников 202°С/м.

Рафинирование сплавов не проводили, очистку поверхности расплава от шлаков проводили в течение 5-10 минут после снижения температуры расплава до температуры литья.

Механические свойства сплавов определяли по ГОСТ 9013-78.

Структур сплавов изучали на микроскопе марке OLYMPUS BX53 при увеличениях ×200, ×1000.

Составы чугунов, предназначенных для изготовления питающих дисков

| № | Марка чугуна | Содержание химических элементов, % по массе |      |       |     |     |     |       |       |
|---|--------------|---|------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|
|   |              | C   | Si   | Cr    | Mo  | Ni  | Ti  | P     | S     |
| 1 | 300X32H2M2ТЛ | 2,60  | 1,2  | 32,0  | 1,7 | 2,1 | 0,4 | 0,067 | 0,032 |
| 2 | 280X29НЛ     | 2,82  | 0,6  | 28,23 | -   | 1,5 | -   | 0,062 | 0,030 |
| 3 | 330X17Л      | 3,31  | 0,65 | 17    | 0,4 | 0,5 | -   | 0,042 | 0,030 |

**Результаты исследования и их анализ.** С целью сопоставительного анализа характеристик чугунов разных марок, предназначенных для изготовления детали «питающие диски», была определена твердость готовой детали. Результаты испытаний на твердость HRC приведены в табл. 2. При этом твердость по Роквеллу была определена на поверхности и сердцевине детали, поскольку ее габариты позволили предполагать наличие градиента скорости охлаждения по сечению детали в процессе кристаллизации. Параллельно определяли коэффициент относительной износостойкости детали [8].

Таблица 2

Относительная износостойкость и механические свойства хромистых чугунов (литье в земляные формы)

| Марка чугуна                                       | 300X32H2M2ТЛ | 280X29НЛ | 330X17Л |
|--|--------------|----------|---------|
| Твердость на поверхности в литом состоянии HRC     | 56-57        | 50-51    | 52-53   |
| Твердость в сердцевине в литом состоянии HRC       | 52-53        | 45-46    | 47-48   |
| Коэффициент относительной износостойкости чугунов* | 1,0          | 0,96     | 0,97    |

\*Базовый чугун 300X32H2M2ТЛ в литом состоянии (испытания в лабораторных условиях)

Высокохромистый чугун 330X17Л имеет меньшую износостойкость и твердость, чем 300X32H2M2ТЛ. Стоимость сплава 330X17Л в 1,3 раза ниже стоимости сплава 280X29НЛ, и в 2,2 раза ниже стоимости 300X32H2M2ТЛ, но уступает по износостойкости и твердости. Из этого следует, что для получения деталей с хорошей износостойкостью и твердостью надо выбрать оптимальный режим литья и т.д. [9-10]. Наиболее перспективной технологией, позволяющей повысить эксплуатационные характеристики деталей из износостойких чугунов за счет увеличения скорости охлаждения при кристаллизации (по сравнению с литьем в земляные формы), является метод литья с применением литейных холодильников.

На рис. 1 показаны структуры чугуна 280X29НЛ от литого в земляную (а) и с применением литейных холодильников (б) формы, а в табл. 3 приведена относительная износостойкость этого сплава, полученного в разных литейных формах. Структура при литье с применением литейных холодильников измельчается в 1,5-2,0 раза и достигается направление карбидов.

Таблица 3

Относительная износостойкость и ударная вязкость хромистого чугуна 330X17Л (литье в земляные формы и с применением литейных холодильников)

| Марка чугуна                                      | 330X17Л (литье в земляные формы) | 330X17Л (литье с применением литейных холодильников) |
|---|----------------------------------|--|
| Твердость на поверхности в литом состоянии HRC    | 52-53                            | 54-55  |
| Твердость в сердцевине в литом состоянии HRC      | 47-48                            | 48-49  |
| Коэффициент относительной износостойкости чугуна* | 1,0                              | 1,2  |

\*Базовый чугун 330X17Л литой в земляную форму (испытания в лабораторных условиях)

На образцах отлитых с применением литейных холодильников наблюдается повышение износостойкости на 18-20% и твердости до 55 HRC по сравнению с образцами отлитыми в земляные формы. Дальнейшее увеличение износостойкости деталей из хромистых чугунов, полученных с применением литейных холодильников, возможно за счет выбора оптимальных режимов литья. Известно, что на процесс формирования отливки с применением литейных холодильников сильное влияние оказывают такие параметры литья, как температура заливаемого расплава и время заполнения формы расплавом. Изменяя эти параметры, можно воздействовать на формирование структуры отливки и, как следствие, на износостойкость получаемых деталей. Изучение влияния этих параметров проводили при изготовлении отливок «питающие диски» [4].

Для проведения испытания на износостойкость на месте работы дробилки модели KEV 96 из деталей вырезали образцы. В образцах испытывали верхнюю (рабочую) часть. На рис. 2 показаны деталь «питающие диски» дробилки модели KEV 96 и образцы для испытаний.

Испытания в лабораторных условиях показали, что легирование хромом резко увеличивает износостойкость. Чугун, дополнительно легированный никелем, имел ту же износостойкость, что и чугун базового состава. При литье чугуна, легированного хромом, угар этого элемента составил 40%, а сплав имел низкую жидкотекучесть. В табл. 3 приведена твердость поверхности отливок, легированных хромом и никелем, а также микротвердость металлической матрицы.

Для определения износостойкости деталей, отлитых в земляную форму и с применением литейных холодильников, были проведены испытания в производственном объединении центральное рудоуправление рудник «ЦКВЗ» НГМК.

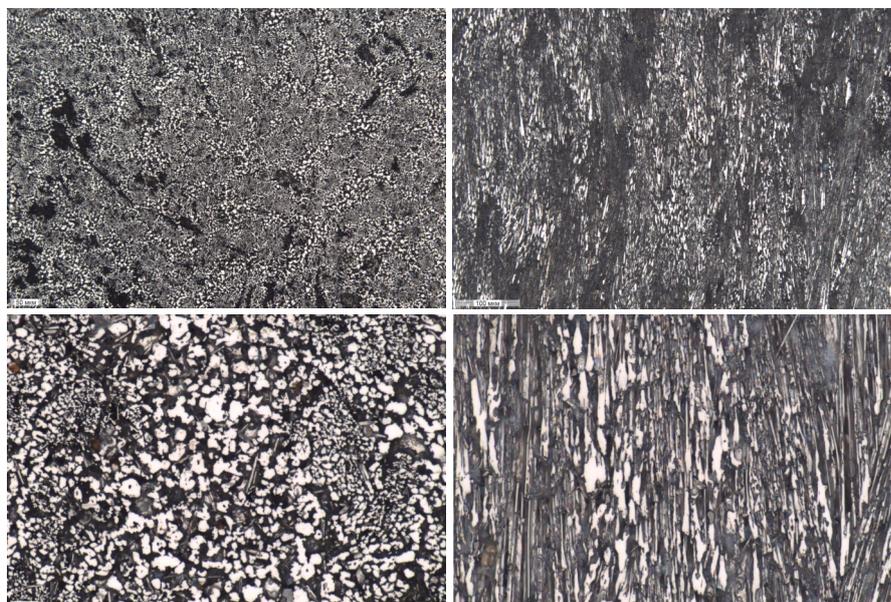


Рис.1. Структура чугуна 330X17Л: а – литье в земляную форму  $\times 200$ ; б – литье с применением литейных холодильников  $\times 200$ ; в – литье в земляную форму  $\times 1000$ ; г – литье с применением литейных холодильников  $\times 1000$



Рис. 2. а – питающие диски дробилки модели KEV 96; б - образцы, вырезанные из них

Исследование износостойкости хромистых чугунов 280Х29НЛ, 330Х17Л показали, что наиболее распространенный в ПО «Навоийский машиностроительный завод» НГМК чугун 280Х29НЛ уступает по износостойкости чугунам 330Х17Л. Экспериментальный износостойкий чугун 280Х29НЛ обладает более высокой износостойкостью и ударной вязкостью при более высокой стоимости, но сплав 330Х17Л дешевле, чем сплав 280Х29НЛ. Дальнейшее увеличение износостойкости и твердости возмож-

но за счет литья с применением литейных холодильников. Предлагается при литье деталей из чугуна марки 330Х17Л применять литейные холодильники. Увеличение износостойкости деталей, литых с применением литейных холодильников, возможно за счет увеличения продолжительности их заливки.

Испытания показали увеличение ресурса работы детали «питающие диски», отлитой с применением литейных холодильников, по сравнению с образцами, отлитыми в земляную форму.

Проведенные работы по исследованию износостойкости хромистых чугунов в лабораторных и промышленных условиях свидетельствуют, что литье с применением литейных холодильников и увеличение времени заливки позволяют увеличить износостойкость деталей из 330Х17Л в 1,2 раза.

## Библиографический список:

1. Цыпин И. И. Износостойкие отливки из белых легированных чугунов М.: НИИМаш, 1983. 56 с.
2. Барановский К. Э., Урбанович Н. И., Басалай И. А., Ильющенко В. М., Дувалов П. Ю. Износостойкость хромистых чугунов // Сб. докл. XIII МНТК «Чтения памяти В. Р. Кубачека». Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Екатеринбург, 16–17 апреля 2015 г. С. 310–314
3. Марукович, Е. И. Получение отливок из износостойких хромистых чугунов в комбинированных формах / Е. И. Марукович, В. М. Ильющенко, П. Ю. Дувалов. Перспективные материалы и технологии; под ред. В. В. Клубовича. Витебск, 2013. Гл. С. 9–35
4. Марукович, Е. И. Исследование формирования в кокиле отливок из специальных износостойких чугунов для изготовления деталей центробежных дробилок / Е. И. Марукович, В. А. Пумпур, Г. П. Короткин, П. Ю. Дувалов // Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2015. Беларусь», Жлобин, 21–22 октября 2015 г. С. 23–31.
5. A. A. Jumaev [2018] Comparative study of the structure of castings from white wear resistant cast iron // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 12. pp. 7575-7577.
6. Ильющенко В. М., Дувалов П. Ю. Повышение износостойкости хромистых чугунов // Литье и металлургия. 2016. № 2. С. 5-7.
7. Studnicki, A. (2013). Role of selected modifiers in the crystallization of wear resistant chromium cast iron. Katowice-Gliwice: Ed. Commission Foundry PAN.
8. Kopyciński, D., Guzik, E. & Piasny, S. (2011). The structure of abrasion-resisting castings made of chromium cast iron. Archives of Foundry Engineering. 11(3), pp. 61-64.
9. Kawalec, M. (2014). Microstructure control of high-alloyed white cast iron. Archives of Foundry Engineering. 14(1), pp. 49-54.
10. Барановский К. Э., Урбанович Н. И., Басалай И. А., Розенберг Е. В., Ильющенко В. М., Дувалов П. Ю. Испытания на износостойкость чугунов в литом состоянии // Горная механика и машиностроение. 2015. № 3. С. 63-67.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №3 (82) pp. 95-97

## THE INFLUENCE OF THE CASTING TO STRUCTURE HIGH CHROME WHITE WEAR RESISTANT CAST IRON

<sup>1</sup>Abdullaev K.S., Chief engineer of the software "Navoi Engineering Plant", infonmz@ngmk.uz

<sup>2</sup>Akhmedov Kh.I., Head of the Department "Engineering Technology", axmedov\_xi@mail.ru

<sup>1</sup>Ulugov G.D., Software Engineer "Navoi Engineering Plant", dgolijon@mail.ru

<sup>3</sup>Jumaev A.A., doctoral student

<sup>1</sup>Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

<sup>2</sup>Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

<sup>3</sup>Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

### Abstract:

The article presents the results of tests on the wear resistance of chrome cast irons of various compositions obtained with different cooling rates. It is shown that the increase in wear resistance and mechanical properties of cast irons is possible when using casting foundry fridge. An increase in the wear resistance of parts obtained by casting using foundry fridge can be achieved by changing the technological parameters of casting, as well as by alloying chrome cast iron.

**Keywords:** operation, feed disc, high chrome cast iron, structure, hardness, crystallization, wear resistance, foundry fridge.

### References:

1. Tsypin I.I. Wear-resistant castings from white alloyed cast iron M.: NIIMash, 1983. 56 p.
2. Baranovsky K.E., Urbanovich N.I., Basalay I.A., Ilyushenko V.M., Duvalov P. Yu. Wear resistance of chromium cast irons. report XIII MNTK "Readings in memory of V. R. Kubachek". Technological equipment for the mining and oil and gas industries. Yekaterinburg, April 16–17, 2015. pp. 310–314
3. Marukovich, E. I. Obtaining castings from wear-resistant chromium cast iron in combined forms / E. I. Marukovich, V. M. Ilyushenko, P. Yu. Duvalov. Advanced materials and technologies; ed. V.V. Klubovich. Vitebsk, 2013. Ch. pp. 9–35
4. Marukovich, E.I. Investigation of the formation in the chill mold of castings from special wear-resistant cast iron for the manufacture of parts of centrifugal crushers / E. I. Marukovich, V. A. Pumpur, G. P. Korotkin, P. Yu. Duvalov // Sb. tr. Int. scientific and technical conf. "Foundry and metallurgy 2015. Belarus", Zhlobin, October 21-22, 2015 pp. 23-31.
5. A. A. Jumaev [2018] Comparative study of the structure of castings from white wear resistant cast iron // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 12. pp. 7575-7577.
6. Ilyushenko V.M., Duvalov P.Yu. Improving the wear resistance of chromium cast iron // Casting and metallurgy. 2016. No. 2. pp. 5-7.
7. Studnicki, A. (2013). Role of selected modifiers in the crystallization of wear resistant chromium cast iron. Katowice-Gliwice: Ed. Commission Foundry PAN.
8. Kopyciński, D., Guzik, E. & Piasny, S. (2011). The structure of abrasion-resisting castings made of chromium cast iron. Archives of Foundry Engineering. 11 (3) pp. 61-64.
9. Kawalec, M. (2014). Microstructure control of high-alloyed white cast iron. Archives of Foundry Engineering. 14 (1) pp. 49-54.
10. Baranovsky K.E., Urbanovich N.I., Basalay I.A., Rosenberg E.V. Ilyushenko V.M., Duvalov P.Yu. Tests for wear resistance of cast iron in the cast state // Mining mechanics and mechanical engineering. 2015. No. 3. pp. 63-67.

## ТРЕПЕЛЕПОДОБНЫЕ ПОРОДЫ УЗБЕКИСТАНА КАК ПУЦЦОЛАНОВЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА



**Искандарова М.И.,**  
руководитель НИЛИИЦ "Стром"  
Института общей и  
неорганической химии АН РУз,  
д.т.н., профессор



**Якубжанова З.Б.,**  
младший научный сотрудник  
Института общей и  
неорганической химии АН РУз



**Какурина Л.М.,**  
старший научный сотрудник  
Института общей и  
неорганической химии АН РУз

*Ushbu maqola Nurota koni gobelenli toshining portlandtsement ishlab chiqarishda qo'shimcha sifatida foydalanish uchun yaroqliligini aniqlash bo'yicha tadqiqot natijalarini taqdim etadi.*

**Tayanch iboralar:** tsement, tog 'jinslari, trepan, kimyoviy tarkibi, mineral tarkibi, kimyoviy faolligi uchun qo'shimcha.

*В данной статье приведены результаты исследований по определению пригодности трепелеподобных пород Нуратинского месторождения для использования в качестве добавки при производстве портландцемента.*

**Ключевые слова:** добавка для цемента, горные породы, трепел, химический состав, фазовый состав, химическая активность.

По данным Ассоциации «Узпромстройматериалы» объем производства цемента в 2018 г в республике составил 9203,8 млн. тонн [1]. В настоящее время резко увеличился объем строительства образовательных и детских дошкольных учреждений, расширяются транспортные сети и развивается дорожное строительство, увеличиваются капитальные средства, направляемые на строительство доступного и комфортабельного жилья для населения и социальных объектов [2]. Это в свою очередь повлекло за собой повышение спроса на все виды строительных материалов и, в первую очередь, на цемент и на материалы с его использованием. В этих условиях обеспечение строительной индустрии республики качественными строительными материалами отечественного производства, как указано в Постановлении Президента страны, становится приоритетным направлением [3].

Одним из энергоэкономичных направлений увеличение объема выпуска многих видов вяжущих материалов является комплексное применение активных минеральных добавок природного и техногенного происхождения с переходом на производство композиционных портландцементов с заменой части клинкера новыми видами минеральных добавок, существенно снижающих энергоёмкость производства и себестоимость строительной продукции. В связи с этим, изыскание простых в технологическом исполнении и сравнительно дешевых способов повышения эффективности добавочных портландцементов, в которых минеральная добавка играет определенную роль в процессах гидратации и структурообразовании, является актуальной задачей. Замена дорогостоящей клинкерной части в цементе минеральной добавкой способствует более рациональному потреблению природных ресурсов, а также снижает затраты на производство продукции, при сохранении высокой гидравлической активности цемента [4]. Минеральные добавки отличаются друг от друга структурой, химико-минералогическим составом и активностью, способностью в присутствии воды вступать в химическую реакцию с гидроксидом кальция, образуя соединения, обладающие вяжущими свойствами. Поэтому при использовании ранее не изученной новой добавки необходимо проведение комплексных исследований по определению ее физико-химических и технологических свойств [5].

АО «Кизилкумцемент», доля которого в объеме выпуска цемента в республике составляет более 40%, постоянно расширяет ассортимент продукции и, наряду с бездобавочным, добавочным, композиционным портландцементами и в настоящее время производит также и пуццолановые цементы, при выпуске которых необходимо использование добавки с достаточно высокой химической активностью.

В связи с тем, что трепелеподобные породы, большие запасы которых обнаружены в Нуратинском районе Навоийской области, ранее не использовались в цементной промышленности, а на АО «Кизилкумцемент» для увеличения объемов выпуска добавочных и пуццолановых цементов остро ощущается дефицит активных минеральных добавок, цель проводимых исследований заключается в определении пригодности местных трепелеподобных горных пород в качестве минеральных добавок к цементу и их влияние на показатели прочности портландцемента.

Для изучения его влияния на физико-механические свойства портландцемента в качестве матрицы использован портландцементный клинкер АО «Кизилкумцемент» и гипсовый камень Бухарского месторождения. Химический анализ выполняли в соответствии с требованиями ГОСТ 5382-91 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа». Структуру горных пород изучали на бинокулярном микроскопе модели В1-220А. Микрофотографии сняты цифровой камерой Moticom 5 для микроскопа с разрешающей способностью 5 Мп (2592x1944). Активность горной породы определяли по ее реакционной способности поглощать известь экспресс-методом Чапеля в Институте ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз [6] и по значению критерия Стьюдента по методике ГОСТ 25094.

При проведении исследований определялись химико-минералогические составы, структурное строение, химическая и гидравлическая активность трепелеподобных пород Нурабадского месторождения. Визуальный осмотр исследуемой горной породы показал, что она представлена мелкозернистым пескообразным материалом, имеющим землистый (светло-желтоватый) цвет, в общей массе которого отмечено присутствие пористых кусочков обломков горной породы размером до 15-20 мм, имеющих различную конфигурацию (рис.1). Сравнение данных рис. 2 (а) и (б) показывает, что структурное строение поверхности кусочков обломков и мелкозернистой массы исследуемой породы идентичны. По данным табл. 1, большую часть испытываемой породы составляют фракции, остающиеся на сите № 0,315 (66,59%) и 0,16 (13,23%), модуль крупности составляет 1,8.

По данным литературных источников, трепел – тонкопористая опаловая, слабо сцементированная с рыхлой структурой осадочная порода, имеет идентичные диатомиту, а по внешнему виду он практически не отличим от него. Отличается мягкой структурой, лёгкостью, хорошо впитывает влагу и кислоты. Имеет землистый внешний вид и кремнистый состав, включает в свой состав опал и кварц



Рис.1. Общий вид мелкозернистой и обломочной части горной породы Нуратинского месторождения: а - кусочки обломочные; б - мелкозернистая часть

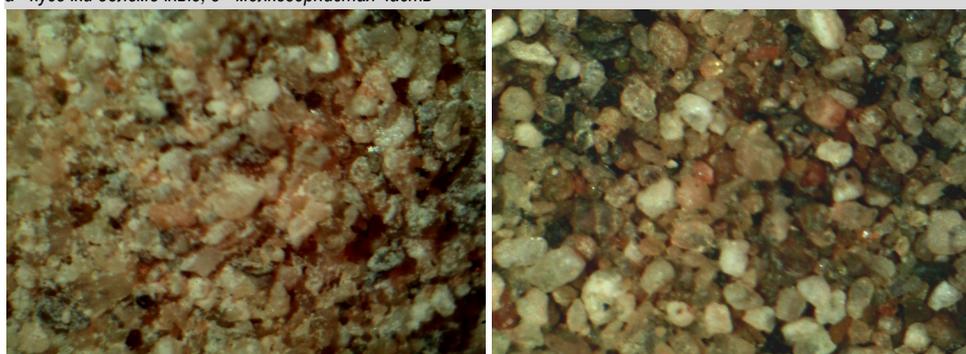


Рис.2. Оптические фотографии обломочной (а) и мелкозернистой (б) части трепела Нуратинского месторождения

Таблица 1

Зерновой и химический состав усредненной пробы исследуемой породы

| Наименование материала            | Остаток на сите с номером, в масс. % |                  |                                |                                |       |      |                 | МК (Модуль крупности)                     | Проход            |                  |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|---|-------------------|------------------|
|                                   | 2,5                                  | 1,5              | 0,63                           | 0,315                          | 0,16  |      |                 |   |                   |                  |
| Трепел Нурабадского месторождения | 0,08                                 | 0,00             | 0,65                           | 66,59                          | 13,23 | 1,8  | 19,45           | Содержание оксидов, % в пересчете на 100% |                   |                  |
|                                   | Ппп                                  | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | Σ   | Пр.               |                  |
|                                   | 0,49                                 | 66,61            | 12,61                          | 2,32                           | 5,96  | 1,16 | 0,49            | 94,16                                     | 5,38              |                  |
| Трепел Потанинского месторождения | п.п.п                                | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O                          | Na <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> |
|                                   | 6,94                                 | 75,95            | 7,80                           | 5,02                           | 0,92  | 1,12 | 0,09            | 1,32                                      | 0,24              | 0,48             |

Таблица 2

Химические составы исходных компонентов

| Наименование материала | Содержание массовой доли оксидов, % |                  |                                |                                |       |      |                 |       |      |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|-------|------|
|                        | п.п.п                               | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | Σ     | Пр   |
| ПЦ клинкер             | 0,42                                | 21,42            | 4,90                           | 3,87                           | 63,26 | 2,84 | 0,36            | 97,07 | 2,93 |
| Гипсовый камень        | При 400°C<br>19,57                  | 1,59             | 0,49                           | сл.                            | 31,45 | 0,49 | 44,00           | 97,59 | 2,41 |
| Трепел                 | 0,51                                | 61,50            | 17,03                          | 4,24                           | 8,69  | 1,06 | 2,76            | 95,79 | 4,21 |

(β-кварц, аморфный кремнезем) в виде не крупных глобул, а также глинистые примеси в виде полевого шпата. От диатомита отличается сравнительно небольшим количеством органических примесей [7,8]. Для идентификации химического состава исследуемой пробы сырья как трепела в качестве эталона принят известный химический состав трепела Потанинского месторождения (табл.2.).

Химический состав горной породы Нуратинского месторождения представлен преимущественным содержанием оксидов кремния (SiO<sub>2</sub> - 66,61%) и алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 12,61%). Присутствуют включения примесей оксидов кальция CaO, железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, магния MgO и ангидрита серной кислоты SO<sub>3</sub>. Повышенное содержание оксида алюминия и кальция указывает на присутствие в составе исследуемой пробы значительного количества породообразующих минералов в виде полевых шпатов.

Известно, что большинство трепелов обычно содержат 75–80% кремнезема, причем, большее его количество относится к аморфному

кремнезему, который и обеспечивает трепелам пуццолановые свойства. Сравнение химического состава исследуемой пробы материала со справочными данными химического состава трепела Потанинского месторождения (Россия) показало, что содержание кремнезема в ней относительно низкое, а глинозема – высокое.

Данные рентгенофазового анализа исследуемой породы сравнивались с фазовым составом трепела Потанинского месторождения (рис.2). Анализируя результаты РФА трепела этого месторождения можно констатировать факт наличия в нем большого количества кварца β - модификации, имеющего кристаллическую структуру, отражения которого обнаружены при (d/n=0,153; 0,181; 0,212; 0,244; 0,316; 0,332; 0,422) нм.

В связи с тем, что кварц является минералом закристаллизованным, он не растворяется в воде, слабо растворяется в щелочах, поэтому кварцсодержащие породы целесообразно использовать не наполнителем, а заполнителем. Включения в породе представлены в виде примесей карбоната кальция (d/n=0,301) нм и полевого шпата (d/n=0,316; 0,322) нм. Сравнительный анализ показывает, что интенсивности основных отражений кварца в дифрактограммах обеих горных пород идентичны. Различия состоят в интенсивностях дифракционных отражений глинистых минералов: в исследуемой пробе горной породы отражения при d/n=0,316 и 0,322 нм, характеризующих наличие в породе полевого шпата, ярко выражены, что свидетельствует о большем содержании в ней глинистых и карбонатсодержащих минералов, которые при использовании исследуемой породы в качестве добавки в цемент, увеличивают его водопотребность, замедляют процесс твердения и в результате – могут снижать механическую прочность цементного камня.

Известно, что на гидравлическую активность портландцемента большое влияние оказывает структура вводимой минеральной добавки. Так, микропористая структура трепела, обладающая высокой удельной поверхностью и вследствие этого низкой плотностью, ведет к уменьшению плотности портландцемента с увеличением содержания в нем минеральной добавки. Очень развитая удельная поверхность трепела требует для ее смачивания значительного объема воды, что является существенным недостатком. Известно также, чем больше в составе минеральной добавки общего количества SiO<sub>2</sub> и меньше кристаллического кремнезема, не связанного с другими минералами и находящегося в свободном состоянии, тем выше активность минеральной добавки. Активность активных минеральных добавок, определяемая по поглощению извести из известкового раствора (в мг CaO на 1 г добавки) составляет: у диатомитов, трепелов и опок – 150-400; вулканических пеплов, пемзы и туфа – 50-150; трассов – 60-150; глиежей – 30-100; обожженных глин, топливных шлаков и зол – 50-100.

Составы чугунов, предназначенных для изготовления питающих дисков

| Обозначение цемента | Тонкость помола, ост. на сите №008, % | Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г | Сроки схватывания, d-min |       | Гидравлическая активность цемента на сжатие, МПа |       |        | Марка по НД |
|---------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|-------|--|-------|--------|-------------|
|                     |                                       |  | начало                   | конец | После пропарки                                   | 7 сут | 28 сут |             |
| ПЦ Д0               | 4,5                                   | 346,9                                    | 2-05                     | 4-00  | 33,0   | 30,2  | 41,7   | 400         |
| ПЦ Д20              | 5,3                                   | 336,4                                    | 2-40                     | 4-30  | 29,1   | 29,8  | 44,0   | 400         |
| ПЦ Д0               | 4,5                                   | 324,8                                    | 2-00                     | 4-05  | 31,5   | 29,8  | 44,8   | 400         |
| ПЦ Д25              | 7,5                                   | 330,0                                    | 2-45                     | 4-30  | 27,7   | 28,9  | 42,6   | 400         |

Добавки с меньшей активностью относятся к группе инертных добавок.

В связи с тем, что исследуемую породу предполагается использовать как пуццолановую добавку в цемент, проведено исследование по оценке ее пуццолановой активности по поглощению извести эксперсс – методом Чаппеля в Институте ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз. При этом количество поглощенной извести составило 230,0 мг/г. Следовательно, исследуемую породу Нурабадского месторождения по поглощению извести можно отнести к категории трепелоподобных пород со средней пуццолановой активностью. Гидравлическая активность трепела Нурабадского месторождения по прочности на сжатие, т.е. по значению критерия Стьюдента (t-критерия) составила 19,7, что больше его нормативного значения 2,07 по ГОСТ 25094-94 и он может использоваться как активная минеральная добавка для получения общестроительных и пуццолановых портландцементов.

Для исследования влияния трепелоподобной породы Нурабадского месторождения на физико-механические свойства портландцемента были приготовлены шихты, включающие 70-75% портландцементного клинкера и 20-25% трепелоподобной породы и 5% гипсового камня. В качестве матрицы для получения добавочных цементов использовали портландцементный клинкер, выпускаемый на АО «Кизилкумцемент» в соответствии с O'z DSt 2801:2013 «Клинкер портландцементный. Технические условия». Химический состав исходных материалов приведен в табл.2. Результаты испытаний опытных добавочных цементов приведены в табл.3, в соответствии с данными которой, тонкость помола цементов, содержащих 20% трепелоподобной породы, составила в среднем 4,8%, а с 25% - 6,6%. Начало и конец схватывания добавочных цементов наступает несколько позже, чем у бездобавочного цемента: начало схватывания у добавочного цемента с 20% трепелоподобной породы наступает через 2 ч 40 мин., конец – 4 ч 30 мин.; с 25% добавки – начало через 2 ч 45 мин., конец - 4 ч 30 мин., что, видимо, является следствием наличия в составе трепелоподобной горной породы примесей глинистых составляющих.

Для определения показателей прочности опытных цементов изготовлены образцы-призмы размером 40x40x40 мм состава 1:3. Испытание образцов проводилось после пропарки и через 28 суток нормального твердения в воде (табл.3).

Присутствие глинистых составляющих отражается в наборе прочности цементного камня в начальные сроки твердения до 7 сут. К 28-суточному сроку добавочные цементы, содержащие 20% трепелоподобной породы проявляют более высокие показатели прочности (44,0 МПа), чем матричный портландцемент (41,7 МПа). При взаимодействии с водой и гидратом окиси кальция, образующегося при твердении цемента, отдельные зерна измельченной добавки увеличиваются в объеме (набухают). Это вызывает уплотнение раствора или бетона. Уплотнение увеличивает также водо- и солестойкость пуццоланового цемента, так как затрудняет проникновение агрессивных вод внутрь бетонного массива и препятствует разрушению бетона. Медленное нарастание прочности пуццоланового цемента в первые сроки вызывается тем, что вводимая добавка как бы разбавляет цементный раствор, уменьшает количество чистого цемента. Однако, как только значительное количество активного кремнезема добавки вступит во взаимодействие с выделяющимся гидратом окиси кальция, твердение значительно ускоряется и прочность растворов из пуццоланового цемента становится такой же, как и у растворов из цемента. Поэтому растворы и бетоны на пуццолановом цементе должны находиться во влажной среде более продолжительное время, чем изделия из цемента [9]. Более высокая конечная прочность пуццоланового цемента объясняется тем, что общее количество гидросиликата кальция, образующегося в пуццолановом цементе, больше, чем в бездобавочном цементе. Повышение содержания вводимой добавки снижает гидравлическую активность добавочного цемента до 42,6 МПа, однако, она обеспечивает марку цемента 400 по ГОСТ 10178.

Таким образом, горная порода Нурабадского месторождения относится к группе кремнеземсодержащих пород, в частности - трепелоподобных пород, в которых кремнезем находится преимущественно в виде кварца β-модификации, имеющего кристаллическую структуру. По химической (230,0 мг/г CaO) и гидравлической активности по значению критерия Стьюдента (t=19,7), исследуемую породу можно отнести к категории минеральных добавок со средней пуццолановой активностью, которая может быть использована в качестве добавки для получения общестроительных портландцементов марки 400 по ГОСТ 10178 и пуццолановых цементов – марки 400 по ГОСТ 22266-94.

#### Библиографический список:

1. Новосту/News, АО «Узстройматериалы». Данные о выпуске и отгрузке цемента предприятиями Республики Узбекистан в 2018 г // Цемент и его применение. № 6-2018. – 10 с.
2. Постановление Президента РУз «Концепция развития промышленности строительных материалов на период до 2025 года». – Ташкент. 11.07.2019 г. Источник: <https://regulation.gov.uz/ru/document/4086>
3. Постановление\_Президента РУз № ПП-4335 от 23 мая 2019 г «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов». Источник: <http://lex.uz/ru/docs/4351740>
4. Кучеров Д.Е. Композиционные вяжущие с минеральными добавками различного генезиса и бетоны на их основе // Автореф. дисс... канд. техн. наук. – Белгород. 2011. – 23 с.
5. Зырянова М.С., Ахметжанов А.С., Манушина А.С., Потапова Е.Н. Определение пуццолановой активности метакаолина // Успехи в химии и химической технологии. Том XXX. 2016. № 7. – С. 44-46.
6. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоквидных пород как сырья для производства стеновой керамики // Строительные материалы. – 2009. № 3. – С. 36–39.
7. Что такое трепел? Свойства трепела. Применение трепела <https://tvoi-uvelirr.ru/chto-takoe-trepel-svoystva-trepela-primeneni-trepela>.
8. Коровкин М. О., Саденко Д. С., Ерошкина Н. А. Эффективность использования диатомита в качестве компонента минерально-химической добавки // Молодой ученый. — 2015. — №9. — С. 253-255.
9. Пуццолановый цемент, производство и применение пуццоланового цемента. <https://www.voscem.ru/articles/cement-vidy/russocsem/info/>.

## ПРИРОДНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ГЛИНЫ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ

*Maqolada karbonat-paligorsskit gili asosidagi tashuvchilarning fizik-kimyoviy xossalari o'rganilgan. Fizik-kimyoviy usullar yordamida paligorsskit gili asosidagi tashuvchilarning kimyoviy tarkibi va tuzilishi o'rganildi. Karbonat-paligorsskit gili asosida dastlabki va modifikatsiyalangan katalizator tashuvchilarining IK-spektroskopiyasi va rentgen fazali tahlillari o'rganildi. Tabiiy bentonit gillarining xlorid, nitrat va ortofosfat kislotalari kabi mineral kislotalar bilan modifikatsiyasi o'rganildi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, paligorsskit gil va alyuminiy gidroksidi asosidagi tashuvchilarni sintez qilishda tarkibiy qismlar o'rtasida o'zaro ta'sir yo'q va tashuvchi paligorsskit va alyuminiy oksidining mexanik aralashmasidir.*

**Tayanch iboralar:** katalizator tashuvchisi, karbonatli paligorsskit, modifikatsiya, IK-spektroskopiya, rentgen fazali tahlillar, gidrotozalash, struktura, tarkib, alyuminiy-nikel-molibdenli katalizator, mineral kislotalar.

*В статье рассматривается обзор об исследовании физико-химических свойств носителей на основе карбонатно-палигорскитовой глины. С использованием физико-химических методов изучен химический состав и структура носителей на основе палигорскитовой глины. Изучены ИК-спектроскопия и рентгенофазовые анализы исходных и модифицированных носителей катализаторов на основе карбонатно-палигорскитовой глины. Исследована модификация природных бентонитовых глин минеральными кислотами такими как, соляная, азотная и ортофосфорная кислота. Исследования показали, что при синтезе носителей на основе палигорскитовой глины и гидроксида алюминия взаимодействие между компонентами отсутствует и носитель представляет собой механическую смесь палигорскита и оксида алюминия.*

**Ключевые слова:** носитель катализатора, карбонатный палигорскит, модификация, ИК-спектроскопия, рентгенофазовые анализы, гидроочистка, структура, состав, алюминий-никель-молибденовый катализатор, минеральные кислоты.

С развитием нефтеперерабатывающей промышленности Узбекистана увеличился спрос на катализаторы гидроочистки различных нефтяных дистиллятов. В связи с этим использование природного алюмосиликатного сырья для получения носителей и катализаторов открывает широкие возможности при организации производства катализаторов в нашей республике [1].

В природе практически не встречается идеально чистый мономинерал из классов глинистых минералов [2]. В нашей республике имеется новое месторождение палигорскитовых глин Навбахор, которые могут представлять промышленный интерес. Породообразующим в составе исходных карбонатных глин Навбахорского месторождения является монтмориллонит, палигорскит, кальцит и гидрослюда [3].

Нами изучена возможность применения трех видов природных глин: щелочных, щелочноземельных бентонитов и карбонатно-палигорскитовой глины Навбахорского месторождения Навоийской области, для получения носителей и катализаторов гидроочистки дизельного топлива на их основе.

В процессе получения активного оксида алюминия образуются большие количества экологически опасных сточных вод в виде растворов солей. Для очистки сточных вод и утилизации других отходов требуется строительство специальных очистных установок, что приводит повышению себестоимости продукции. Замена дорогостоящего носителя – активного оксида алюминия на доступные, дешевые носители, не уступающие по физико-химическим свойствам, является актуальной задачей.

С целью разработки технологии синтеза нового катализатора для гидроочистки дизельного топлива в качестве исходных компонентов выбраны: карбонатно-палигорскитовая глина, гидроксид алюминия, соединения никеля и молибдена. Гидрирующая фаза - никель использована в сочетании с молибденом в виде никелевой соли молибденовой кислоты. Применение  $\text{MoO}_3$  в качестве второго компонента позволяет стабилизировать гидрирующие свойства и повысить функциональность контакта, т.к.  $\text{MoO}_3$  одновременно обладает гидрогидрирующими и кислотными свойствами, в сульфидной форме указанные функции еще более усиливаются. Установлено, что никелевая соль

молибденовой кислоты обладает полифункциональными свойствами и является наиболее активным катализатором процессов гидрирования, изомеризации, дегидроциклизации, деструктивного гидрирования и гидроизомеризации нефтепродуктов различного происхождения [4]. Обработка катализатора серой или сероводородом увеличивает его активность в кислотном катализе [5].

В промышленных гидрообессеривающих Al-Ni-Mo катализаторах содержание окислов никеля и молибдена, большей частью составляет 15-20% и поэтому для разработки катализатора гидроочистки дизельного топлива в качестве активных компонентов выбрали никель-молибден с молярным соотношением  $\text{NiO}:\text{MoO}_3 = 1:1$  в количестве от 10 до 30% масс., а в качестве носителя 90-70% масс. карбонатно-палигорскитовая глина и смесь карбонатно-палигорскитовой глины с гидроксидом алюминия, содержанием 25, 50, 75% масс.

**Методы и материалы:** в настоящей работе для получения носителей катализаторов гидроочистки использовали современные физико-химические методы анализа таких как, ИК-спектроскопия, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. А для гидроочистки дизельного топлива в качестве активных компонентов выбрали никель-молибден с молярным соотношением  $\text{NiO}:\text{MoO}_3 = 1:1$  в количестве от 10 до 30% масс., а в качестве носителя 90-70% масс., карбонатно-палигорскитовая глина и смесь карбонатно-палигорскитовой глины с гидроксидом алюминия, содержанием 25, 50, 75% масс. Исходная палигорскитовая глина использована в виде активированной минеральными кислотами ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{HNO}_3$ ) и без активации. Подготовленный продукт использовали, как носитель активной фазы катализатора. Также приготовили образцы, активированные с 5%-ными  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{HNO}_3$  кислотами, содержанием 25, 50, 75% масс., гидроксида алюминия.

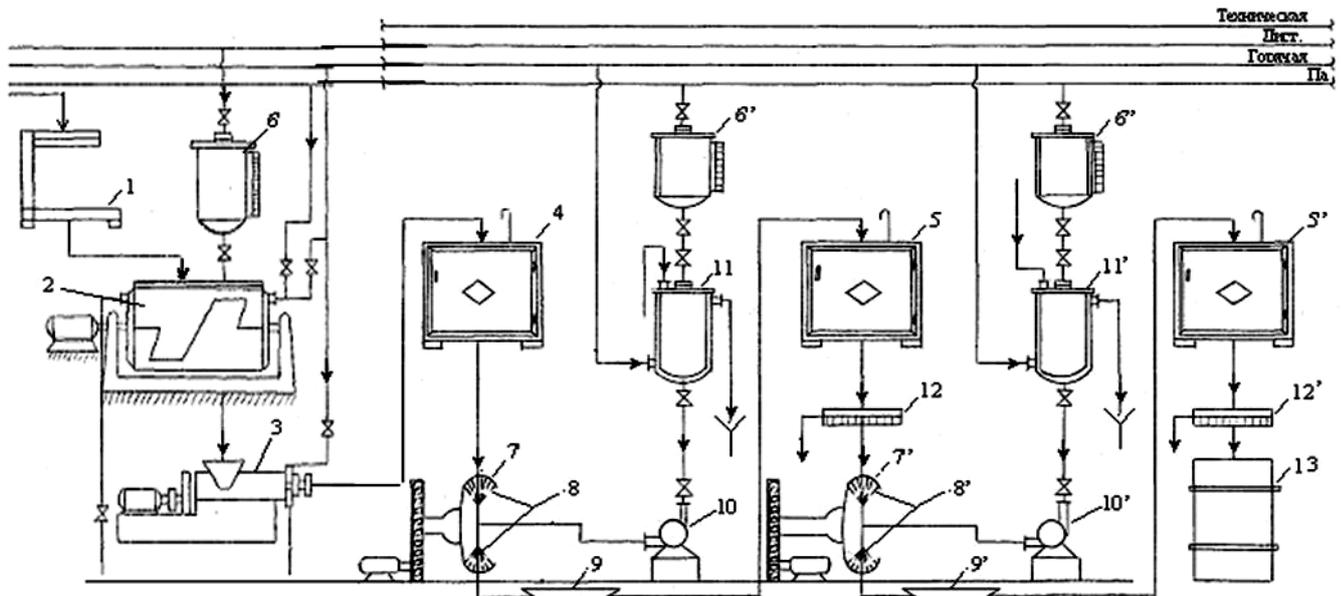
В пропиточный аппарат 7 (рис. 1) загружают полученный нами заранее носитель на основе карбонатного палигорскита (13,9 л). Одновременно в растворителе 11, 2,03 кг соли аммония молибденовокислого растворяют в 6,5 л дистиллированной воде при температуре 50-60°C при постоянном перемешивании. Полученный водный раствор молибденовокислого аммония при помощи

Бектурдиев Г.М.,  
институт общей и  
неорганической химии  
АН РУз, к.т.н.



Юсупова Г.Х.,  
ст. преподаватель ТашГУ  
им. И. Каримова  
Алмалыкский филиал





**Рис. 1.** Принципиальная технологическая схема производства катализатора ПГМ-1120: 1 – весы; 2 – перемешивающий аппарат; 3 – экструдер; 4 – сушильный шкаф; 5 – прокаливающие печи; 6, 6' – мерники; 7, 7' – пропиточный аппарат; 8, 8' – пульверизаторы; 9, 9' – противни; 10, 10' – центробежные насосы; 11, 11' – растворители; 12, 12' – сито; 13 – бочки для готового катализатора

специального пульверизатора 8 равномерно впрыскивают в носитель, находящийся в пропиточном аппарате, при перемешивании экструдата. При этом, по мере ввода расчетного количества раствора соли молибдена, достигается полное поглощение носителем.

Содержимое в пропиточном аппарате продолжают перемешивать в течение 3-5 минут, затем переносят в противни из нержавеющей стали 9, которые помещают в камеру электропрокалочной печи 5, включают нагрев, температуру катализатора поднимают до 85-90°C и выдерживают в течение 2,5-3,0 часов (до полного удаления паров воды) после чего температуру печи по 40-50°C в час поднимают до 450-550°C и выдерживают в течение 4,5-5,0 часов, затем нагрев печи отключают, снижают температуру по 50-60°C в час до комнатной. На полученную таким образом экструдат с окисью молибдена наносят соль никеля.

С целью выяснения процессов, происходящих при приготовлении катализаторов и фазового состава многокомпонентной смеси изучали рентгенофазовые анализы и ИК-спектры полученных новых образцов.

Палигорскит диагностируется по рефлексам 10,4-10,5; 6,35; 5,42; 3,83 и 3,67Å, а монтмориллонит-12,0; 4,49; 3,19Å. При значительном содержании палигорскита регистрируются все его слабые линии. Кальцит, при содержании больше 10% в породе, четко фиксируются узкими базальными рефлексами 3,02; 2,49; 2,29; 2,09; 1,91 и 1,87Å. С увеличением содержания карбонатного материала в породе одновременно увеличивается и содержание палигорскита (рис. 2).

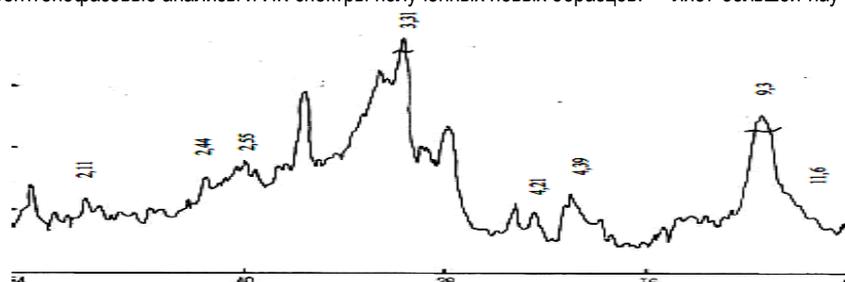
Всякая глина в природном виде не обладает высоким сорбционным свойствами, удовлетворяющим требованиям промышленности как носителя для синтеза катализаторов. Поэтому они активируются различными химическими способами и модифицируются.

Модификация природных бентонитовых глин минеральными кислотами является один из важных способов получения активированных носителей для катализаторов. Выяснение причин изменения каталитических свойств, природных алюмосиликатов при кислотной обработке представляет большой научный интерес. Эти изменения, несомненно, связаны с изменением физико-химических и структурных свойств, природных алюмосиликатов. Метод кислотной активации бентонитовых глин заключается в обработке их растворами серной, соляной, фосфорной и азотной кислоты в определенном промежутке времени при нагревании и перемешивании.

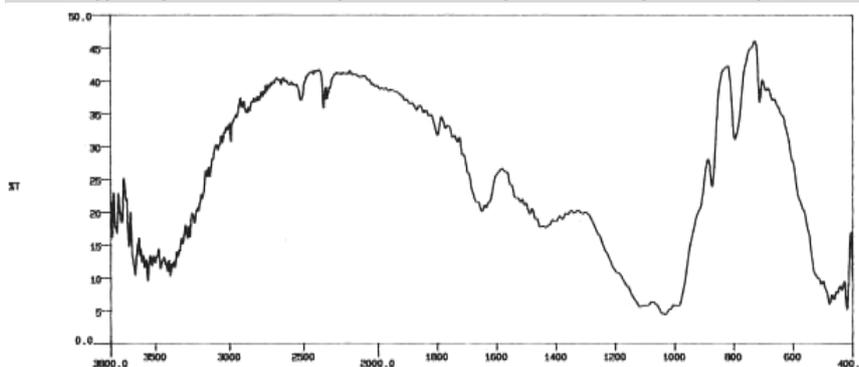
ИК – спектр поглощения образцов № 2 (рис. 3.) характеризуется частотами при 3478, 3434, 3407, 3367, 3304, 3251, 3130, 3083, 2983, 2950, 2914, 2873, 2833, 2787, 2747, 3674, 2582, 2464, 1640, 1540, 1384, 1095, 1038, 918, 877, 793, 519, 473 и 422 см<sup>-1</sup>.

Образец № 3 (рис. 3.) в ИК – спектре поглощения имеет следующие частоты: 3519, 3493, 3431, 3404, 3365, 3304, 3263, 3232, 3189, 3160, 3113, 3082, 3040, 3015, 2946, 2870, 2836, 2751, 2641, 2590, 2485, 2470, 1809, 1638, 1543, 1384, 1098, 1035, 980, 913, 872, 791, 662, 519 и 472 см<sup>-1</sup>.

Частоты, обнаруженные в области 3519-3100 см<sup>-1</sup> соответствуют валентным колебаниям связи О-Н молекул воды и фосфорной кислоты. Полосы найденные в диапазоне 1500-1200 см<sup>-1</sup> соответствуют валентному колебанию связи Р=О фосфорной кислоты. Частоты, наблюдаемые в области 1638-1640 см<sup>-1</sup> согласуются с деформационным колебанием связи ОН молекул воды и гидроксильных групп фосфорной кислоты. Частоты, обнаруженные в области 1100 – 850 см<sup>-1</sup>



**Рис. 2.** Дифрактограмма исходного карбонатного палигорскита Навбахорского месторождения



**Рис. 3.** ИК-спектры исходного и активированного карбонатного палигорскита. 1-исходный карбонатный палигорскит; 2-носителя на основе карбонатного палигорскита активированного 10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; 3-носителя на основе карбонатного палигорскита активированного 5% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Таблица 1

Результаты гидрообессеривания дизельного дистиллята Бухарского НПЗ на новых катализаторах на автоклавной установке.  
Соотношение катализатор: сырье=1:10

| №  | Показатели  | Исходное сырье        | Катализаторы                   |                                |                                |                                |
|----|---|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|    |   |                       | HR-306                         | КГНМ-1120                      | АНМП-1                         | АНМП-11М                       |
| 1. | Режим работы установки:<br>давление, МПа;<br>температура, °С  |                       | 3,5-4,5<br>320                 | 3,5-4,5<br>320                 | 3,5-4,5<br>320                 | 3,5-4,5<br>320                 |
| 2. | Качество сырья и гидрогенизата:<br>выход гидрогенизата, % об.<br>плотность, кг/м <sup>3</sup><br>коэфф. преломления<br>содержание серы, % масс.<br>глубина гидрирования:<br>сернистых соединений, % | 833<br>1,4625<br>1,34 | 821<br>1,4105<br>0,145<br>89,1 | 840<br>1,4630<br>0,216<br>83,9 | 831<br>1,4452<br>0,196<br>85,3 | 828<br>1,4120<br>0,144<br>89,3 |
| 3  | Фракционный состав, % об., °С:  |                       |                                |                                |                                |                                |
|    | Н.к.  | 202                   | 80                             | 155                            | 170                            | 146                            |
|    | 5   | 215                   | 95                             | 216                            | 210                            | 212                            |
|    | 10  | 223                   | 108                            | 237                            | 228                            | 227                            |
|    | 20  | 230                   | 220                            | 252                            | 245                            | 245                            |
|    | 30  | 249                   | 229                            | 269                            | 254                            | 255                            |
|    | 40  | 252                   | 238                            | 278                            | 266                            | 266                            |
|    | 50  | 255                   | 251                            | 289                            | 275                            | 276                            |
|    | 60  | 269                   | 263                            | 301                            | 293                            | 289                            |
|    | 70  | 285                   | 283                            | 317                            | 310                            | 307                            |
|    | 80  | 310                   | 303                            | 343                            | 330                            | 325                            |
| 90 | 328   | 329                   |                                | 347                            | 345                            |                                |
|    | Выход/ К.к.   | 93/360                | 97/360                         | 93/360                         | 94/360                         | 96/360                         |

соответствуют валентным колебаниям связи О-Р-О фосфорной кислоты. Полосы обнаруженные в области 650-400 см<sup>-1</sup> соответствуют деформационным колебаниям связи О-Р-О фосфорной кислоты [6]. Частоты, найденные 1050<sup>-н3</sup>, 800<sup>-н1</sup>, 625<sup>-н4</sup> и 500<sup>-н2</sup> см<sup>-1</sup> соответствуют валентным колебаниям оксида кремния формы [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup> [7].

Таким образом, анализы ИК-спектров подготовленных образцов рис. 3. (образцов 1-3) показывает, что исходный и обработанный с 5%-ной и 10%-ной ортофосфорной кислотой своим по спектрам не совсем идентично. После обработки, то есть активации с 5 и 10%-ной ортофосфорной кислотой по спектрам, концентрация кислоты почти не влияет на структуру образцов. Исходя из этого, обработка карбонатно - палигорскитовой глины для приготовления носителей для синтеза катализаторов с 5%-ным раствором ортофосфорной кислоты считаем достаточным.

Многие исследователи активацию глин минеральными кислотами связывают с увеличением пористости глин увеличением диаметров пор. Повышение концентрации кислоты уменьшает гидрофильности бентонита. Уменьшение гидрофильности бентонитовой глины после активации связано с удалением растворимых в воде, а также в кислоте, солей и окислов металлов, присутствующих в образце глин, в результате чего образуются более крупные поры, что благоприятствует доступу молекул с более крупным размером (например, молекула бензола) в те участки пористого сорбента, в которые раньше они не могли проникнуть.

Изучение зависимости между кислотностью и каталитической активностью природного алюмосиликатного сырья, подвергнутых кислотной активации, а также синтетических алюмосиликатов, показало, что чем выше обменная кислотность образцов, тем более активны они и каталитически. Чем обусловлена обменная кислотность, остается не выявленным. Уменьшение обменной способности глин после кислотной активации, вызвано тем, что обработка глин кислотой ведет к частичному разрушению алюмосиликата и появлению в растворе ионов алюминия. Последние адсорбируются поверхностью заряженных частиц, а при последующей промывке продуктов кислотной активации водой или другим раствором с повышенным значением рН дают коллоидный гидрат окиси алюминия, который уменьшает обменную способность глин по отношению к катионам раствора. Снижение емкости обмена в результате обработки глин растворами кислот и солей алюминия можно объяснить трудностью замещения ионов водорода и ионов алюминия катионами нейтральных солей.

Эксперименты показали, что при обработке природных глин горячей кислотой образцы имеют большую кислотность, чем при обработке той же кислотой на холоде. Это явление связано с тем, что обработка монтмориллонита горячей кислотой сопровождается удалением части алюминия из октаэдрического слоя и переходом оставшегося алюминия в

тетраэдрическую координацию. Кислотность алюмосиликатов обусловливается алюминием только в тетраэдрической координации. Известно, что подвижным обменноспособным водородом обладает гидроксильная группа, связанная с атомами кремния тетраэдрического слоя. Своими кислыми свойствами алюмосиликаты обязаны только наличию на их поверхности обменных ионов алюминия. Отсюда, в противовес мнению большинства исследователей, делается вывод, что механизм каталитического действия алюмосиликатов не может быть объяснен участием в реакциях с углеводородами обменных ионов водорода. Есть мнение [8], что кислотность как естественных, так и синтетических алюмосиликатов определяется наличием на их поверхности: исключительно обменных ионов алюминия, так как Н<sup>+</sup> алюмосиликатные соединения неустойчивы и переходят в Al алюмосиликатные состояния, что осуществляется за счет алюминия, содержащегося в самом алюмосиликате.

Для установления индивидуальности синтезированных соединений снимались рентгенограммы по установке ДРОН-2,0 с Cu- антикатодом.

Как показал анализ рентгенограмм исходного карбонатно-палигорскитовой глины и продуктов активации различных минеральных кислот, с ростом концентрации активатора и времени контакта образца с кислотой происходит изменение в структуре карбонатно-палигорскитовой глины [9-10].

Рентгенофазовый анализ полученного нами нового носителя показывает, что в процессе термической активации при 600°С в течение 30 минут, кристаллическая решетка палигорскита полностью изменяется, и его базальные отражения на рентгеновской дифрактограмме фиксируются. Наблюдается частичная декорбонатизация кальция, выражающаяся ослаблением интенсивности пика его базальных отражений. Только не меняется интенсивность пика базальных отражений кварцита и кристаллита.

Изучение рентгенограммы показывает, что при кислотной активации происходит частичное разрушение кристалла глинистого минерала, следовательно, при активировании разрываются связи между кристаллами глин. Это приводит к ухудшению набухаемости глины, т.е. к снижению расширения кристалла минерала (например, монтмориллонита) в результате проникновения молекул воды в межплоскостное пространство. Величина набухания глины падает с ростом концентрации активатора и времени активации глины.

Так, при активации глины в растворе кислоты относительно низкой концентрации растворяются вещества, клеящие мелкие частицы и распадаются агрегаты, при высоких значениях концентрации активатора и продолжительности обработки разрушается структура глины.

**Таблица 2**  
**Результаты гидроочистки дизельного дистиллята Бухарского НПЗ на новом катализаторе АНМП – 211 на установке проточно-циркуляционной системы высокого давления**

| №  | Показатели  | Исходное сырье  | АНМП-211  |
|----|---|---|---|
| 1. | Режим работы установки:<br>давление водорода, МПа;<br>температура, °С<br>скорость подачи сырья, ч <sup>-1</sup><br>циркуляция ВСГ нл/л · с  |   | 3,5-4,5<br>340<br>2 ч <sup>-1</sup><br>300  |
| 2. | Качество сырья и гидрогенизата:<br>выход гидрогенизата, % об.<br>плотность, кг/м <sup>3</sup><br>коэфф. преломления<br>содержание серы, % масс.<br>глубина гидрирования:<br>сернистых соединений, % | 833<br>1,4625<br>1,31   | 828<br>1,4120<br>0,144<br>89  |
| 3. | Фракционный состав, % об, °<br>С:<br>Н.к.<br>5<br>10<br>20<br>30<br>40<br>50<br>60<br>70<br>80<br>90<br>Выход/ К.к.   | 197<br>215<br>223<br>230<br>249<br>266<br>276<br>289<br>307<br>325<br>345<br>96/360 | 146<br>212<br>219<br>226<br>244<br>252<br>260<br>269<br>285<br>310<br>332<br>97/360 |

На основании анализа рентгенограмм и ИК-спектров исходных компонентов, носителей и катализаторов на их основе установлено, что введение палигорскитовой глины в состав алюмо-никель-молибденовых катализаторов гидроочистки уменьшает образующихся в процессе термообработки каталитически неактивных фаз типа алюмината никеля и молибдата алюминия, в то время приводит к увеличению активных никельмолибдатов.

Исследования по активности разработанных катализаторов и носителей катализаторов проводились при гидроочистке

прямогонного дизельного дистиллята Бухарского НПЗ полученного из смеси нефти и газоконденсата. Гидроочистку осуществляли при температурах 320-370°С и давлении водорода 3,5-4,5 МПа.

Из данных табл. 1 видно, что глубина гидрообессеривания сырья на катализаторе HR-306 составляет 89,1%, на никельмолибденовом катализаторе составляет 85,3%, полученном на носителе содержащий 50 % карбонатно-палигорскитовой глины (АНМП-1).

Испытание катализатора АНМП – 211 проводились на проточной установке высокого давления в технологической базе Института общей и неорганической химии АН РУз. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Как видно из полученных результатов, при температуре 340°С, давлении 4 МПа, скорости подачи сырья 2 ч<sup>-1</sup> циркуляции водородсодержащего газа (ВСГ) 300 нл/л остаточное содержание серы в дизельном топливе составляет 0,144% масс.

Полученные результаты показывают, что полученное дизельное топливо на вышеприведенных условиях полностью соответствует требованиям O'zDSt 989:2001. Снижение плотности гидрогенизата, коэффициента преломления, содержания серы и другие свидетельствуют, что на катализаторе в одну стадию протекают процессы гидрирования, гидрообессеривания и т.п.

Полученные результаты показывают, что среди изученных природных глин, палигорскитовая глина вполне пригодна для получения эффективных катализаторов гидроочистки.

Обоснована возможность использования местных сырьевых ресурсов, в частности карбонатно-палигорскитовой глины Навбахорского месторождения для синтеза носителей катализаторов гидроочистки дизельного дистиллята.

Введение в состав катализатора палигорскитовой глины уменьшает образующихся в процессе термообработки каталитически неактивных фаз, таких как алюминат никеля, молибдат алюминия и в то время приводит к увеличению активных никельмолибдатов.

Установлено, что модификация карбонатно-палигорскитовой глины фосфорными и азотными кислотами приводит к увеличению каталитической активности катализатора при гидрообессеривании дизельного дистиллята на 30%.

Таким образом, в результате синтеза и испытания ряда образцов катализаторов найден образец катализатора для гидроочистки дизельного дистиллята, полученного с использованием модифицированной карбонатно-палигорскитовой глины, не уступающего по активности импортному катализатору.

### Библиографический список:

1. Yusupova G.X., Bekturdiyev G.M., Mamatqulov N.N./ Preparation of carriers for huro-cleaning catalysts based on palygorsk clay / *International Journal of advanced Research in Science, Engineering and Technology. India. Vol. 6. Issue 12, oktober 2019. pp. 12294-12298.*
2. Чукин Г.Д., Мунд С.Л., Талисман Е.Л., Насиров Р.К. Влияние текстурных и кислотно-основных свойств носителя на активность катализаторов гидроочистки дизельных фракций. *Кинетика и катализ. 1995. Том 36, №4. С. 591-596.*
3. Ломова О.С. Палигорскиты и сепиолиты как индикаторы геологических обстановок. Изд. «Наука», Москва, 1979, с. 11.
4. Кадиров И. Разработка технологий получения полифункциональных катализаторов для гидрирования и гидроизомеризации ароматических соединений нефти и нефтепродуктов. Автореф. дисс., док. тех. наук. Ташкент, 1999 г. 25 с.
5. Robertse. D. Повышение качества сульфидирования катализаторов гидрообработки // *Нефтебазовые технологии.* - 2009, №1.- С. 93-96.
6. Юсупова Г.Х., Бектурдыев Г.М. Исследование физико-химических свойств носителей катализаторов на основе карбонатно-палигорскитовой глины. / *Композиционные материалы, 2020, №2, С. 54-63.*
7. Гончарук В.В. Физико-химические основы подбора катализаторов кислотно-основного типа. Киев: Наукова думка. 1991. 216 с.
8. Солодова Н.Л., Нурмухаметова А.Р. Катализаторы гидроочистки. / *Вестник технологического университета. 2017, Т. 20, №10, С. 53-60.*
9. Рентгенография основных типов породообразующих минералов (силикаты) / под ред. Франк-Каменецкого. – М. : Недра, 1984. – 261 с.
10. Бриндлі Г.В. Каолиновые, серпентиновые и родственные им минералы / В кн. *Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов.* – М.: Мир, 1965. – С. 70–135.

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА



**Мухиддинов Б.Ф.**,  
профессор кафедры «Химическая  
технология», НГГИ, д.х.н.



**Санакулов К.**,  
генеральный директор  
ГП «Навоийский горно-  
металлургический  
комбинат», д.т.н., профессор



**Шарипов С.Ш.**,  
докторант кафедры  
«Химическая технология»,  
НГГИ



**Алиев Т.Б.**,  
ст. преп. кафедры  
«Химическая технология» НГГИ

*Maqolada sulfidli ruda flotokonsentrating bakterial oksidlanish jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishini o'rganish natijalari keltirilgan. ( $\Delta H_{298}^0$ ), entropiya ( $\Delta S_{298}^0$ ) va Gibbs energiyasining ( $\Delta G_{298}^0$ ) ushbu reaksiyalar va moddalarning 298 kdagi termodinamikasi nuqtai nazardan bakterial oksidlanishning ayrim reaksiyalarining termodinamikasi, flotokonsentrating bakterial oksidlanish jarayonlarida moddalarning mineralogik va elementar tarkibi o'zgarishlari aniqlandi.*

**Tayanch iboralar:** sulfat kislota, bakterial oksidlanish, rudalar, Gibbs energiyasi, flotatsion konsentratlar.

*В статье приводятся результаты исследования образования серной кислоты в процессе бактериального окисления флотоконцентрата сульфидных руд. Оценены, с точки зрения термодинамики, протекания некоторых реакций бактериального окисления, вычислением стандартных энтальпий образования – ( $\Delta H_{298}^0$ ), энтропий ( $\Delta S_{298}^0$ ) и энергии Гиббса ( $\Delta G_{298}^0$ ) этих реакций и веществ при 298 К. Приведены сведения, обоснованные выводы об образовании серной кислоты, а также на основе результатов рентгенофазовой и электронно-сканирующей микроскопии, определены изменения минералогического и элементного состава веществ в процессах бактериального окисления флотоконцентрата.*

**Ключевые слова:** серная кислота, бактериальное окисление, руда, энергия Гиббса, флотоконцентрат.

В настоящее время мировые запасы месторождений с высоким исходным содержанием и легкоизвлекаемыми рудами практически истощаются и одновременно возрастает доля золота в первичных рудах, относящихся к категории упорно-золотосодержащего минерального сырья. Эти минералы состоят в основном из пирита, арсенопирита, халькопирита, гидроарсената железа, оксида марганца и других [1-6].

Микроорганизмы являются важным эволюционным звеном, катализирующим появление новых минеральных соединений и ускоряющим формообразование. Как известно биохимические реакции происходящие в период биологического окисления сульфидных минералов, могут протекать либо по прямому, либо по косвенному механизму. Прямой механизм требует тесного физического контакта между бактериями и поверхностью минерала, чтобы обеспечить прикрепление бактерий к минералу, в то время как косвенный механизм включает действие бактериально-генерируемого сульфата железа (III). Ионы железа находятся в основном в составе рудных минералов - пирита ( $\text{FeS}_2$ ) и арсенопирита ( $\text{FeAsS}$ ), также в составе фаялита ( $\text{Fe}_2[\text{SiCl}_4]$ ).

Атомы железа в составе сульфидных минералов находятся в двухвалентной форме. При бактериальном выщелачивании в реакторах окисления в сернокислой среде они переходят в раствор в виде сульфатов двух и трехвалентного железа. В процессе бактериального выщелачивания сульфидная сера пирита окисляется до сульфатной, а закисное железо до окисного и образуется два продукта; сернокислое окисное железо и серная кислота.

Сернокислое окисное железо химически окисляет пирит и арсенопирит, образовав сульфат закисного железа и элементарную серу. Закисное железо вновь окисляется бактериями до окисного, которое может расходоваться как окислитель пирита и арсенопирита.

Ведущая роль в осуществлении рассмотренных превращений принадлежит тионовым бактериям *T.ferrooxidans*, окисляющим сульфиды и закисное железо *T.thiooxidans*, окисляющим элементарную серу.

Отсутствие тионовых бактерий возможно обусловлено присутствием окислителя минералов растворенного в виде кислорода и сернокислого окисного железа.

Бактериальное окисление упорно-золотосодержащих руд, в основном, происходит интенсивно при pH=1,2-1,4 и при температуре 303-316 К.

Возникает вопрос. За счет растворения какого рудного минерала образуется сильно-кислотная среда.

Для уточнения этой проблемы нами были изучены минералогический состав твердой части процесса бактериального окисления, в том числе изменения концентрации пирита ( $\text{FeS}_2$ ), арсенопирита ( $\text{FeAsS}$ ), стибнита ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), ярозита ( $\text{MFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ), современными физико-химическими методами анализа.

Пробы отбирали из опытного реактора объемом 50 л. Для пуска реактора использовано 34 литра инокулята из модуля №1 БИОКС с pH - 1,32, плотностью - 1100 г/л.

Флотоконцентрат был принесен из УПС (узел подготовки сырья) в количестве 20 л, с плотностью 1335 г/л, содержанием общей серы – 17,8%, сульфидной серы – 14,13%, общего углерода – 2,47%, органического углерода – 1,34 (проба № 793).

Инокулят был влит в реактор и каждые 2 часа была организована подача 1 литра флотоконцентрата. После запуска реактора были отобраны пробы исходя из pH среды: флотоконцентрат pH-8,2 проба №793; биокек pH-1,39 проба 842; биокек pH-1,42 проба 843; биокек pH-1,37 проба 869; биокек 1,40 проба 870; биокек pH-1,34 проба 917, эти образцы проб отбирались из лабораторного модуля реакторов ГМ3-3, ГТИ Л-1; ГТИ Л-2; ГТИ Л-3; ГТИ Л-4; ГТИ Л-5; ГТИ Л-6.

Впредь, во всех табличных и графических материалах образцы будут обозначаться по названиям.

Дифрактограммы были получены на порошковом рентгеновском дифрактометре марки «Shimadzu XRD-6100», оснащенный с медной (Cu) трубкой ( $K \approx 1=1,5406\text{\AA}$ ,  $K \approx 2 = 1,5443\text{\AA}$ ,  $K \approx 2/ K \approx 1=0,5$ . Детектор-сцинтилляционный. Сканирующий электронный микроскоп

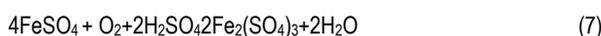
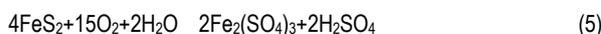
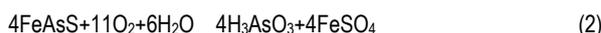
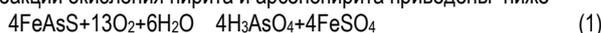
Таблица 1

Термодинамические характеристики некоторых веществ, участвующих в процессах бактериального окисления

| Вещество  | Физическое состояние | Энтальпия, Кдж/моль | Энтропия, Дж/моль·К | Свободная энергия (Гиббса), Кдж/моль |
|---|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|
| FeS <sub>2</sub>                                | Кристалл             | -177,40(-163,2)     | 52,99               | -266,05                              |
| FeSO <sub>4</sub>                               | Кристалл             | -927,59(-3016)      | 107,53              | -819,77                              |
| FeS   | Кристалл             | -100,42             | 60,29               | -200,75                              |
| H <sub>2</sub> O                                | Жидкий               | -295,83             | 69,65               | -237,23                              |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | Жидкий               | -813,99             | 156,90              | -290,14                              |
| Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | Кристалл             | -1117,73            | 255                 | -2043                                |
| S   | Твердый              | 0                   | 32,55               | 0                                    |
| SO <sub>2</sub>                                 | Газ                  | -296,95             | 248,67              | -300,27                              |
| SO <sub>3</sub>                                 | Газ                  | -395,85             | 256,69              | -317,27                              |
| CuS   | кристалл             | -53,14              | 66,53               | -53,58                               |
| H <sub>2</sub> S                                | Газ                  | -20,60              | 205,70              | -33,50                               |
| Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Кристалл             | -2584               | 282,9               | -2253                                |
| As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                  | Кристалл             | -924,9              | 59,5                | -782,4                               |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>                  | Кристалл             | -159                | 163,6               | -158                                 |
| As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | Кристалл             | -1334,7             | 233,5               | -1176,4                              |
| As  | Твердый              | -                   | 36,6                | 0                                    |
| O <sub>2</sub>                                  | Газ                  | 0                   | 205,0               | 0                                    |

использовали (Carl Zeiss, Германия) с энерго-дисперсионным элементным анализатором (Oxford Instruments, Великобритания).

Бактериальная атака арсенопирита и пирита происходит главным образом посредством прямого контактного механизма. Уравнения реакций окисления пирита и арсенопирита приведены ниже



Далее повторяются реакции (4) и (7) образуя Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Некоторые реакции бактериального окисления можно охарактеризовать с точки зрения термодинамики. Были вычислены энтальпия образования, энтропия образования и энергия Гиббса реакции по следующим формулам:

Стандартная энтальпия образования ΔH<sup>0</sup><sub>298</sub>, энтропия ΔS<sup>0</sup><sub>298</sub> и энергии Гиббса ΔG<sup>0</sup><sub>298</sub> некоторых веществ при 298 K (табл. 1).

$$\Delta S_{298\text{обр}}^0 = \sum \Delta S_{298\text{пр}}^0 - \sum \Delta S_{298\text{иск}}^0 \quad (б)$$

$$\Delta G_{\text{обр}} = \Delta H - T\Delta S \quad (в)$$

Результаты расчетов ΔH<sub>обр</sub>, ΔS<sub>обр</sub> и ΔG<sub>обр</sub> для некоторых реакций бактериального окисления пирита и арсенопирита приведены в табл. 2.

ΔG<sub>обр</sub><0 реакция при этих условиях протекает самопроизвольно  
ΔG<sub>обр</sub>>0 реакция самопроизвольно не идет (табл. 2) [7].

Анализ результатов исследования (табл. 2) показывает, что численное значение энергии Гиббса образования ΔG<sup>0</sup><sub>298</sub> реакций растворения арсенопирита (№ 9), меньше чем реакция растворения пирита (№ 5). Это указывает, на то, что реакция растворения арсенопирита протекает легче чем реакция растворения пирита. Эти результаты также согласуются с результатами рентгенофазовой и сканирующей электронной микроскопии.

По некоторым данным, промежуточные продукты окисления сульфидов (тиосульфат (H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), возможно, полиитионаты) образующиеся при участии T. ferrooxidans и T. Denificans и других

Таблица 2

Основные термодинамические параметры ΔH<sub>обр</sub>, ΔS<sub>обр</sub> и ΔG<sub>обр</sub> для процесса бактериального окисления флотоконцентрата

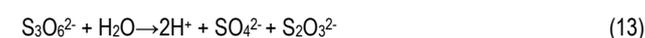
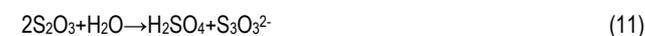
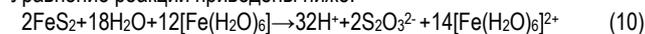
| Нумерация реакций | ΔH <sub>обр</sub> , Кдж/моль | ΔS <sub>обр</sub> , Дж/моль·К | ΔG <sub>обр</sub> , Кдж/моль | Примечание  |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|
| 1                 | -2928,5                      | -245,6                        | -76164,5                     | ΔG<0        |
| 2                 | -6296                        | -956,7                        | -291392,6                    | ΔG<0        |
| 3                 | -7139                        | -1293,1                       | 378324                       | ΔG>0        |
| 4                 | -1056,34                     | -505,4                        | 149552,9                     | ΔG>0        |
| 5                 | -                            | -                             | -230,6                       | ΔG<0(293K)  |
| 6                 | -                            | -                             | -                            | -           |
| 7                 | -                            | -                             | -                            | -           |
| 8                 | -                            | -                             | -4319,5                      | ΔG<0 (293K) |
| 9                 | -                            | -                             | -4592,2                      | ΔG<0(293K)  |

тионовых бактерий, могут образовывать водорастворимые комплексы тиосульфат-ионов, по строению близких к сульфат-ионам. В тетраэдре [SO<sub>3</sub>S]<sup>2-</sup> связь S-S (1,97 Å) длинее, чем связи S-O (1,48 Å).

Ионы железа (III) могут разрушать химическую связь в решетке между железом и дисульфидом после того, как дисульфидная группа будет окислена до тиосульфата. В соответствии с «тиосульфатным» механизмом, пирит и арсенопирит подвергаются воздействию иона гексагидрата железа (III), в результате первым промежуточным продуктом окисления является тиосульфат-ион, на следующем этапе тиосульфат окисляется Fe<sup>3+</sup> - ионами до тетраитионата, который гидролизуясь, образует сульфат ион и дисульфат моносульфоновую кислоту (R-SO<sub>3</sub>RH), а она окисляется до тритионата, тритионат гидролизуется до сульфат и тиосульфат-иона.

В качестве побочных продуктов в процессе окисления возможно образование пентатионата и элементарной серы. Химическое или бактериальное окисление промежуточных продуктов происходит с участием Fe<sup>3+</sup> - ионов или молекулярного кислорода (как акцептор электронов). Так как тиосульфат является ключевым соединением в процессе биоокисления серной части пирита, этот механизм трактуется как тиосульфатный.

Уравнение реакций приведены ниже.



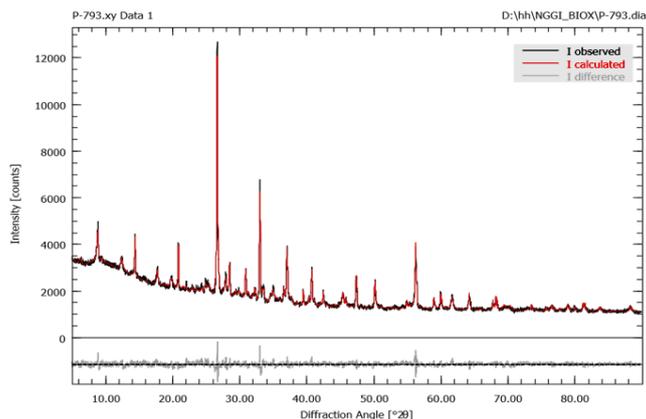


Рис.1. Рентгенограмма образца опытного реактора (флотоконцентрат)

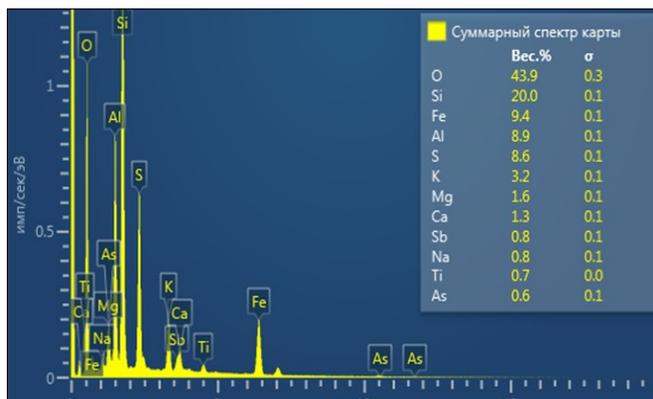
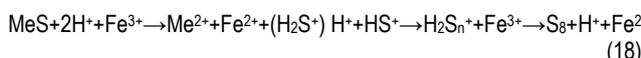


Рис. 2. Полуколичественный элементный состав, полученный из поверхности образца № 793 и соответствующий энерго-дисперсионный спектр

Таблица 3

Полуколичественный минералогический состав образца № 793

| №   | Наименование минерала | Химическая формула минерала   | Содержание, (%) | PCO (%) |
|-----|-----------------------|---|-----------------|---------|
| 1.  | Пирит                 | FeS <sub>2</sub>  | 13,7            | 1,6     |
| 2.  | Кварц                 | SiO <sub>2</sub>  | 16,9            | 2       |
| 3.  | Мусковит              | KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>  | 30,2            | 3,6     |
| 4.  | Клинохлор             | Mg <sub>5</sub> Al(AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>8</sub>   | 0,85            | 0,19    |
| 5.  | Кальцит               | CaCO <sub>3</sub>   | 1,51            | 0,21    |
| 6.  | Анортит               | CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub>   | 11,4            | 1,4     |
| 7.  | Арсенопирит           | FeAsS   | 3,27            | 0,43    |
| 8.  | Монтichelлит          | CaMgSiO <sub>4</sub>  | 4,27            | 0,55    |
| 9.  | Анкерит               | Ca(Mg, Fe) [CO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub>  | 3,2             | 0,41    |
| 10. | Дикит                 | Al <sub>2</sub> [Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ](OH) <sub>4</sub>  | 3,04            | 0,46    |
| 11. | Хлорит2b              | (Mg,Fe) <sub>3</sub> (Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·(Mg,Fe) <sub>3</sub> (OH) <sub>6</sub> | 6,33            | 0,86    |
| 12. | Тальк                 | Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>   | 1,27            | 0,2     |
| 13. | Графит                | C   | 4,05            | 0,62    |



Также для подтверждения механизма образования серной кислоты были изучены минералогический и элементный состав твердой части процесса бактериального окисления. Изменения в концентрациях пирита (FeS<sub>2</sub>), арсенопирита (FeAsS), стибнита (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), ярозита (MFe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>, где Me=K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> или NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), гидроний ярозита [(H<sub>3</sub>O)Fe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>] и сульфатов кальция были изучены детально с использованием методов сканирующей электронной микроскопии с энерго-дисперсионным детектором для полуколичественного анализа и рентгенофазового анализа.

Образование ярозита (MFe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>) и гидроний ярозита [(H<sub>3</sub>O)Fe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>] при высоких концентрациях хлорид ионов (более чем 5 г/л) может привести к снижению извлечения золота при цианировании [8].

Образцы из опытного реактора были изучены методами электронной микроскопии с энерго-дисперсионным детектором для полуколичественного элементного анализа и рентгенофазового анализа. Образцы из технологической цепочки были изучены методом рентгенофазового анализа, результаты которых приведены на рис.1.

Рентгенофазовый анализ методом Рьетвелда производился на программном обеспечении "Profex-Open source XRD and Reitveld Refinement" [9], результаты которого представлены в табл. 3.

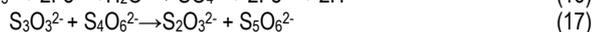
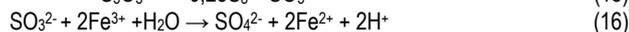
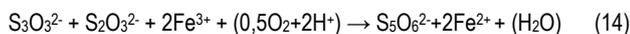


Таблица 4

Сводный минералогический состав отобранных твердых образцов № 793, № 842, № 843, № 869, № 870 и № 917

| №  | Наименование минерала | Образцы |       |       |       |       |       |
|----|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |                       | № 793   | № 842 | № 843 | № 869 | № 870 | № 917 |
| 1  | Пирит                 | 13,7    | 4,10  | 5,73  | 3,76  | 28,28 | 1,79  |
| 2  | Кварц                 | 16,9    | 31,32 | 30,93 | 28,26 | 28,28 | 28,07 |
| 3  | Мусковит              | 30,2    | 40,65 | 42,06 | 40,47 | 33,74 | 45,07 |
| 4  | Клинохлор             | 0,85    | -     | 0,63  | 1,62  | 1,7   | -     |
| 5  | Анортит               | 11,4    | 7,89  | 10,44 | 10,4  | 12,82 | 10,68 |
| 6  | Арсенопирит           | 3,27    | 2,01  | 1,84  | 0,37  | -     | -     |
| 7  | Дикит                 | 3,04    | 1,06  | 0,81  | 1,72  | 1,11  | 0,44  |
| 8  | Хлорит2b              | 6,33    | 2,45  | 1,9   | 2,57  | 2,52  | 2,48  |
| 9  | Графит                | 4,05    | 1,3   | 1,68  | 2,95  | 4,75  | 1,48  |
| 10 | Гипс                  | -       | 1,21  | -     | -     | 1,27  | 1,36  |
| 11 | Рутил                 | -       | 0,98  | -     | 0,58  | -     | -     |
| 12 | Каолин                | -       | 0,75  | -     | 1,11  | 2,54  | 1,14  |
| 13 | Гидронийярозит        | -       | 0,243 | 0,25  | -     | 0,73  | 0,32  |
| 14 | Ярозит                | -       | 3,74  | 3,28  | 4,16  | 3,24  | 3,12  |
| 15 | Анализ                | -       | 0,739 | -     | 1,19  | 1,709 | 1,052 |
| 16 | Накрит                | -       | 1,55  | 0,46  | 0,79  | 1,86  | -     |
| 17 | Молибденит            | -       | -     | -     | -     | 0,062 | 0,031 |
| 18 | Гидроталькит          | -       | -     | -     | -     | -     | 2,97  |
| 19 | Кальцит               | 1,51    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 20 | Монтichelлит          | 4,27    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 21 | Анкерит               | 3,2     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 22 | Тальк                 | 1,27    | -     | -     | -     | -     | -     |

Анализ результатов исследования (табл.3) показывает, что минералогический состав образца № 793, в основном, состоит из пирита (FeS<sub>2</sub>) -13,7%, кварца (SiO<sub>2</sub>) -16,9%, мусковита (KAl<sub>2</sub>(AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>)(OH)<sub>2</sub>) - 30,2%, анортита (CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>) - 11,4%, арсенопирита (FeAsS) - 3,27% и других компонентов.

Также рентгенофазовым анализом исследованы другие образцы флотоконцентрата: pH-8,2 проба № 793; биоек pH-1,39 проба 842; биоек pH-1,42 проба 843; биоек pH-1,37 проба 869; биоек 1,40 проба 870; биоек pH-1,34 проба 917, помимо этого образцы проб отбирались из лабораторного модуля реакторов ГМЗ-3, ГТИ Л-1; ГТИ Л-2; ГТИ Л-3; ГТИ Л-4; ГТИ Л-5; ГТИ Л-6.

Дифрактограммы вышеуказанных образцов обработаны также методом Рьетвелда, обобщенные результаты которых представлены в табл. 4.

В табл.4 представлены результаты минералогического анализа твердых образцов, пронумерованных в лаборатории ГТИ ГМЗ-3. Состав минералов довольно многообразный, представленный, в основном превращениями породообразующих минералов. Действительно, микроорганизмы, в большинстве своем, взаимодействовали с породообразующими,

Сводный элементный состав отобранных твердых образцов № 793, № 842, № 843, № 869, № 870 и № 917 полученных сканирующим электронным микроскопом

| № п/п | Название элемента | Нумерация образцов |        |        |        |        |        |
|-------|-------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |                   | № 793              | № 842  | № 843  | № 869  | № 870  | № 917  |
|       |                   | Вес, %             | Вес, % | Вес, % | Вес, % | Вес, % | Вес, % |
| 1.    | O                 | 43,93              | 48,55  | 48,65  | 49,78  | 42,04  | 50,20  |
| 2.    | Na                | 0,76               | 0,71   | 0,71   | 0,78   | 0,43   | 0,74   |
| 3.    | Mg                | 1,64               | 1,28   | 1,27   | 1,40   | 0,86   | 1,30   |
| 4.    | Al                | 8,89               | 10,41  | 10,40  | 10,85  | 6,74   | 10,60  |
| 5.    | Si                | 19,96              | 23,20  | 23,49  | 24,06  | 14,15  | 23,85  |
| 6.    | S                 | 8,61               | 2,55   | 3,53   | 2,62   | 2,33   | 1,90   |
| 7.    | K                 | 3,24               | 3,63   | 4,00   | 3,99   | 2,64   | 4,08   |
| 8.    | Ca                | 1,34               | 0,29   | 0,34   | 0,17   | 0,53   | 0,06   |
| 9.    | Ti                | 0,74               | 0,82   | 0,84   | 0,86   | 0,52   | 0,85   |
| 10.   | Fe                | 9,41               | 4,72   | 5,51   | 4,69   | 3,31   | 3,99   |
| 11.   | As                | 0,64               | 0,64   | 0,61   | 0,49   | 0,16   | 0,16   |
| 12.   | Sb                | 0,85               | 0,96   | 0,54   | 0,31   | -      | -      |
| 13.   | In                | -                  | 1,51   | -      | -      | -      | -      |
| 14.   | C                 | -                  | 0,71   | -      | -      | 26,28  | -      |
| 15.   | P                 | -                  | -      | 0,11   | -      | -      | -      |
| 16.   | N                 | -                  | -      | -      | -      | -      | 2,26   |
|       | Сумма             | 100,00             | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

аксессуарными и рудными минералами. Если пирит, арсенопирит, мусковит, рутил, ярозит, молибденит относятся к рудным минералам, то подавляющее большинство минералов были породообразующими – кварц, полевоый шпат, дикиит, кальцит, гипс, анкерит и др. В количественном выражении именно породообразующие минералы подверглись воздействию микроорганизмов. Самым интересным моментом исследований было максимальное изменение алюмосиликатных минералов.

Анализ результатов исследования показывает, что количество пирита изменяется в образцах от 13,7% до 1,79%, а арсенопирита от 3,27% до 0,37%, а в образцах № 870 и № 917 наблюдается отсутствие следов арсенопирита. Эти результаты показывают, что образование серной кислоты, в основном, образуется за счет арсенопирита и пирита.

Также сканирующим электронным микроскопом определены элементный состав отобранных твердых образцов № 793, № 842,

№ 843, № 869, № 870 и № 917, результаты которых представлены на рис.2 и в табл. 5.

Анализ энерго-дисперсионного спектра (рис. 3) показывает, что образец № 793 состоит, в основном, из кислорода - 43,9%, кремния - 20,0%, железа - 9,4%, алюминия - 8,9%, серы - 8,6, мышьяка - 0,6% и других элементов.

Сопоставление элементного состава отобранных твердых образцов № 793, № 842, № 843, № 869, № 870 и № 917, полученных сканирующим электронным микроскопом (табл. 5), также подтверждает образование серной кислоты, в основном, из арсенопирита и пирита. Например, содержание элементарной серы уменьшается от 8,61% до 1,90%, а содержание мышьяка от 0,64% до 0,16% ( см. табл. 5).

Таким образом, образование серной кислоты в процессе бактериального окисления флотоконцентрата обосновано тем, что окислению подвергается в начале минерал арсенопирит, а далее идёт окисление пирита и других серусодержащих минералов.

### Библиографический список:

1. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. Ташкент, 2014, ГП «НИИМР», -296 с.
2. Меретуков М.А., Санакулов К.С., Зимин А.В., Арустамян М.А.. Золото: химия для металлургов и обогатителей. Москва, 2014, Издательский дом «Руда и металлы», - 411 с.
3. Совмен В.К., Гуськов В.Н., Белый А.В. и др. Переработка золотоносных руд с применением бактериального окисления в условиях Крайнего Севера.- Новосибирск, Наука, 2007. -144 с.
4. Гудков С.С., Шкетова Л.Е., Михайлова А.Н. Бактериальное выщелачивание упорных руд и концентратов. Горный журнал. 2011, № 4, С. 27-28.
5. Емельянов Ю.Е., Богородский А.В., Баликов С.В., Елифоров А.В. сопоставительная оценка вариантов переработки упорных флотоконцентратов.// Цветные металлы. 2012, №8. С. 10-12.
6. Санакулов К.С. Особенности технологии извлечения металла из упорных и особоупорных золото-сульфидмышьяковистых руд. Горный вестник Узбекистана . 2014, №2. С. 33-36.
7. А. В. Богородский. Термодинамика автокловного окисления пирита и арсенопирита. Вестник УрГТУ. 2010, №7. С. 129-134.
8. Douglas E. Rawlings, D. Barrie Johnson "Biomining" 2006, Springer, 17 p.
9. Döbelin, N., Kleeberg, R., „Profex: a graphical user interface for the Rietveld refinement program BGMN”, Journal of Applied Crystallography. 2015, v.48. pp. 1573-1580.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕЙЕРОВ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ



**Эшмуродов З.О.**,  
доцент кафедры  
«Автоматизация и управление»  
НГГИ, к.т.н.



**Бобожанов М.К.**,  
профессор кафедры  
«Электроснабжение»  
ТашГУ им. И.Каримова,  
д.т.н

*Ochiq konlarni qazib olishning zamonaviy bosqichi katta chuqurliklarda qazib olish bilan tavsiflanadi. Ochiq quduqlarning chuqurligining oshishi ortiqcha yuk va rudalarni tashish hajmi va masofasining oshishiga olib keladi. Shu sababli energiya tejaydigan transport tizimlarini qurish, kon transport tizimlarining mavjud kamar konveyerlarining samaradorligini oshirish dolzarb vazifalardan biridir. Maqolada kon tizimlarida kamar konveyerlarining samaradorligi ko'rib chiqiladi. Konveyerlarga qo'llanilishi mumkin bo'lgan turli xil haydovchi tizimlar o'rtasida taqqoslash amalga oshiriladi. Konveyerlarning samaradorligiga ta'sir qiluvchi nisbiy moyillik, shuningdek, kamar tezligi yoki kamar kengligi kabi energiya sarfi parametrlari, shuningdek dizayn usullari o'rganiladi. O'zgaruvchan va o'zgarimas elektr drayverlarni boshqarishning turli xil usullari va oqimning o'zgarishiga qarab qarshilik taqsimoti, qarshilik taqsimoti, kamarning egilish tezligi diapazonining oqimga bog'liqligi, quvvatning oqim va tortishish ta'siriga bog'liqligi, konveyer tizimining energiya sarfi turli tortish kuchlari uchun mo'ljallangan.*

**Tayanch iboralar:** kamar konveyerlari, elektr haydovchi, energiya sarfi, kamar tezligi, kamar kengligi, sozlanishi va sozlanmaydigan elektr haydovchi, samaradorlik, qarshilik, egilish, kuchlanish kuchi, boshlang'ich moment.

*Современный этап развития открытого способа разработки характеризуется ведением горных работ на больших глубинах. Увеличение глубины карьеров приводит к росту объемов и дальности транспортирования вскрышных пород и руды. Поэтому задача построения энергоэффективных транспортных систем, повышения эффективности существующих ленточных конвейеров горнотранспортных систем является одной из актуальных задач. В статье исследуется эффективность ленточных конвейеров в горнодобывающих системах. Сравняются различные системы электроприводов, которые могут быть применены на конвейерах. Изучены относительная наклонность, которая влияет на эффективность конвейеров, а также параметры, связанные с потреблением энергии - это скорость ленты или ширина ленты, а также методы проектирования. Различные методы управления регулируемые и не регулируемые электрическими приводами и эффектами распределения сопротивления, распределение сопротивления в зависимости от потока, зависимость диапазона скорости наклона ленты от потока, зависимость мощности от потока и влияния силы тяжести, энергопотребление конвейерной системы рассчитаны на различную силу тяги.*

**Ключевые слова:** ленточные конвейеры, электропривод, энергопотребление, скорость ленты, ширина ленты, регулируемый и не регулируемый электропривод, эффективность, сопротивление, наклон, сила натяжения, пусковой момент.

В настоящее время развитие открытого способа разработки характеризуется ведением горных работ на больших глубинах. Как известно, увеличение глубины карьеров приводит к росту объемов и дальности транспортирования горных пород и руды. Это приводит к экономическим проблемам разработки месторождений, которые на современном этапе развития приобретают особое значение. Из литературных источников известно, что при увеличении глубины карьера на 100 м затраты на транспортирование автосамосвалами возрастают примерно в 1,5 раза, а конвейерами на 5-6%. [1].

Задача построения энергоэффективной транспортной системы сводится к обоснованию схемы перевозки горной массы от забоев до бункера, расчету грузопотоков, выбору средств транспорта с максимально возможным КПД, определению режимных и эксплуатационных параметров средств транспорта. Для финансовой оценки мероприятий по энергосбережению можно использовать следующее эмпирическое правило (допущения: непрерывная работа, цена электроэнергии для промышленных потребителей 450 сум / кВтч [2]):

$$\frac{\Delta K}{\Delta P} = 450 \text{ сум/кВтч} \cdot 24 \text{ h} \cdot 365 \approx 1 \frac{\text{сум}}{\text{Вт}} \text{ в год}$$

Экономия потребляемой мощности 1 кВт примерно соответствует экономии 3942000 сум в год.

### Влияние производительности на величину нагрузки

Применение защитных пластин в объеме нагрузки часто называют основной причиной повышенного энергопотребления приводной системы.

Применение безопасного прибавления в виде нагрузки часто считается основной причиной увеличения энергопотребления системы электропривода. Оценка потенциальной экономии средств делается с известными соотношениями для потребления энергии:

$$P_{\text{насос}} \sim Q \cdot H; \text{ или } P_{\text{конвейер}} \sim F \cdot v. \quad (1)$$

Если увеличить нагрузки в размере 20% как к грузопотоку, так и к потенциальному размеру объема нагрузки, это привело бы к созданию насосных и конвейерных систем в соответствии с (1). Потребление электроэнергии возросло на 44%. Однако такой подход приводит к неверному результату. Дополнительная плата за безопасность изменяет только конструкцию и/или режим работы системы, выбор компонентов системы, но не реальный вид нагрузки на систему.

Тем не менее, повышение производительности оказывает существенное влияние на потребление энергии. Исследованы воздействие негабаритных компонентов через 20%-ную перегрузку за обеспечение производительности с помощью результатов расчетов из проектных программ для насоса и приводные системы конвейеров.

Исследования основаны на расчете ленточного конвейера. Сравняются различные системы электропривода. Поскольку формулы обычно определялись эмпирически, то рассчитанные абсолютные сопротивления и потребление представляет собой приближенное решение  $i_v = A\phi v + b\phi v^3$ .

Относительные наклоны и зависимости энергопотребления параметров, таких как скорость ленты или ширина ленты, а также

полученная методика по проектированию, как правило, являются допустимыми [3].

## Технические характеристики исследуемой системы привода конвейера

Параметры для имитационного моделирования приведены в табл.1.

Таблица 2  
Технические характеристики параметров исследуемой системы привода конвейера

| Параметр                                      | Значение                              |
|---|---------------------------------------|
| Насыпная плотность (горная масса)             | $\rho_{Gu}=750 \text{ кг / м}^3$      |
| Статический угол наклона (горная масса)       | $\beta = 30^\circ$                    |
| Динамический угол наклона (горная масса)      | $\beta_{дин} = 20^\circ$              |
| Доплата прикрытия толщиной                    | 3 мм                                  |
| Коэффициент трения привода барабана           | $\mu_{тр}=0,35$                       |
| Ориентировочный диаметр натяжного ролика      | $d_{R \text{ rabelle}}=22 \text{ см}$ |
| Внутренний диаметр подшипника качения         | $d=5 \text{ см}$                      |
| Угол впадины                                  | $\lambda=36^\circ$                    |
| Расстояние между верхними холостыми станциями | $l_0=1; 3 \text{ м}$                  |
| Расстояние между нижними холостыми станциями  | $l_0=2,5 l_0$                         |
| Скорость подачи                               | $v_0=0,5 \text{ м/с}$                 |

В зависимости от типа исследуемой системы, отдельные параметры конвейерной системы изменяются. Дополнительные технические характеристики:

- \* конвейерная линия  $l_f$  установки составляет 200 м
- \* высота  $H$  системы составляет 2 м
- \* максимальная производительность  $j_{max}$  составляет 2000 м/ч
- \* конвейерная лента представляет собой стальную ленту, имеет ширину 2 м и максимально заполнена  $\Phi_{заполнение} = 1$

Приводы принимаются по умолчанию:

- \* Тип двигателя: асинхронные двигатели IE2
- Управление двигателем (с регулировкой скорости): управление -  $u/f$  Привод вариант 1 (один головной привод без хвостового приводного барабана).

## Исследуем влияние различных методов управления и распределения сопротивлений

Расчетные сопротивления получают в зависимости от выбора нерегулируемых и регулируемых электроприводов, как показано на рисунках 1а и 1б. При использовании нерегулируемых электроприводов степень наполнения пропорциональна производительности и скорость ленты  $v_{лент}$ , остается постоянной (рис. 2). При использовании частотно регулируемых электроприводов с переменной скоростью вращения изменение скорости вращения ленты (см. рис. 2) степень наполнения даже при уменьшении скорости поддерживалась постоянной [4].

На основе распределения сил рассчитывается распределение мощности для нерегулируемого и регулируемого электропривода, показанное на рисунках 3 а и 3 б.

На рис. 3 а показано результирующее потребление электроэнергии для нерегулируемого электропривода и регулируемого электропривода на рис. 1а и 1б. Когда потребляемая мощность строго подключенного к сети питания уменьшается, при регулируемом электроприводе (при регулировании скорости) возникают дополнительные потери в преобразователе и гармонические потери в двигателе. Таким образом, чем дальше установка будет эксплуатироваться в диа-

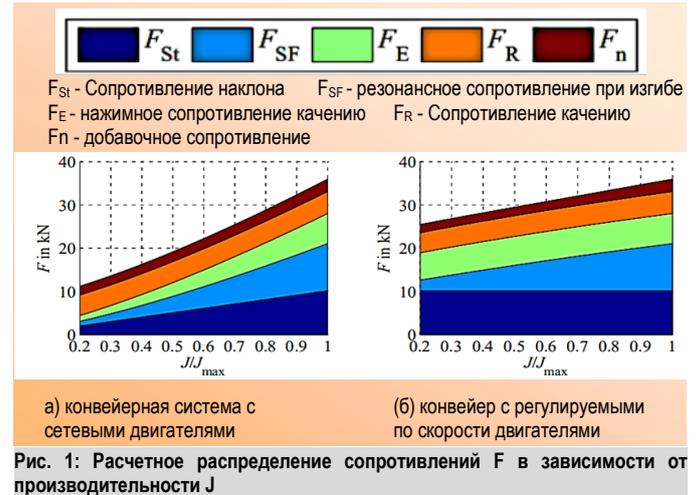


Рис. 1: Расчетное распределение сопротивлений  $F$  в зависимости от производительности  $J$

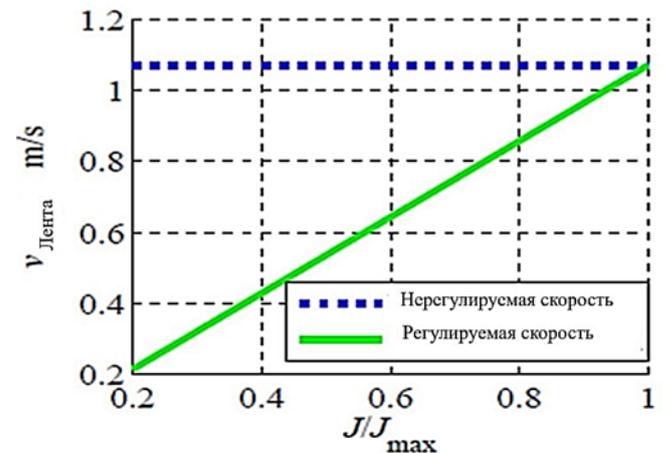


Рис. 2: Расчетный уклон диапазона скоростей ленты  $V_{ленты}$  в зависимости от производительности  $J$

пазоне частичных нагрузок, тем более эффективным будет ее использование вместе с регулируемым электроприводом.

Эффективность электропривода  $\eta_{пр}$  основана на произведении суммы эффективностей коробок передач, двигателя и преобразователя и всегда меньше с регулированием скорости, чем с режимом работы от сети, как показано на рис. 4б. Тем не менее, требуемая мощность привода конвейерной ленты при использовании частотно-регулируемого электропривода по уравнению

$$P_{мех} = F_{нор}(J, H) \cdot v(J, H) \quad (2)$$

в диапазоне частичных нагрузок меньше. Это уменьшает диапазон частичной нагрузки, несмотря на более низкий КПД привода мощность сети и, следовательно, затраты энергии (см. рис.4 а). [5,6].

Ширина ленты оказывает непосредственное влияние на возможное поперечное сечение наполнения. Уменьшение поперечного сечения ленты требует увеличения скорости ленты и, следовательно, увеличения энергопотребления при той же производительности. Потенциал энергосбережения в данном примере, если ширина ленты удваивается, то она составляет около 40%. Однако инвестиционные затраты на ленту также увеличиваются пропорционально ширине, так что на основе расчета амортизации необходимо оценить оптимальную с точки зрения затрат ширину ленты.

## Влияние силы натяжения

В литературе [7] в качестве силы натяжения ленты выбирается минимально возможное усилие натяжения. При этом тяговое усилие не скользит между барабаном и лентой в соответствии с формулой Эйлера-Эйтельвайна

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu R \alpha} \quad (3)$$

Это минимальное усилие натяжения составляет около 50 кН в исследуемом примере и соответствующее распределение сил показано на рис. 5 а.

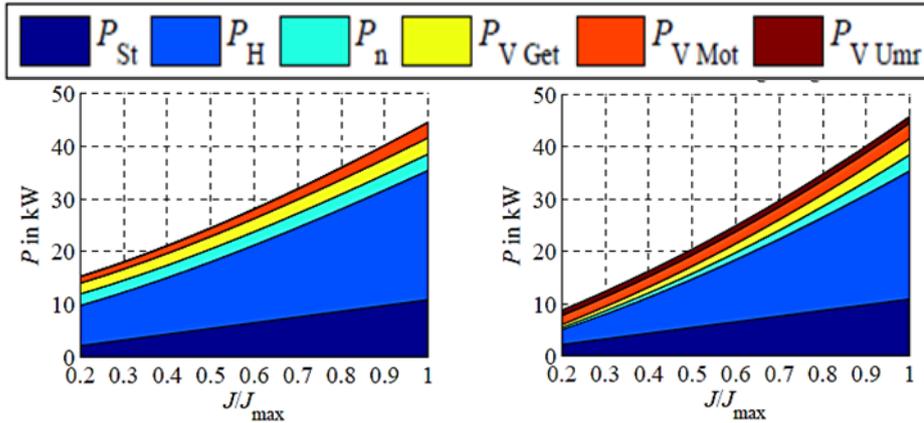


Рис. 3. Расчетное распределение мощности  $P$  в зависимости от производительности  $J$

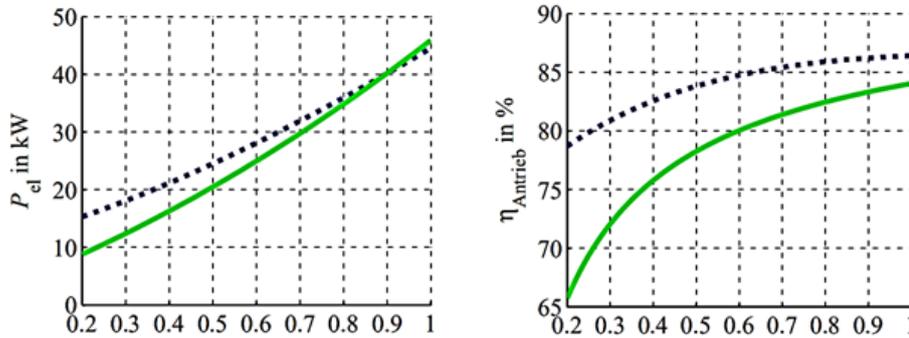
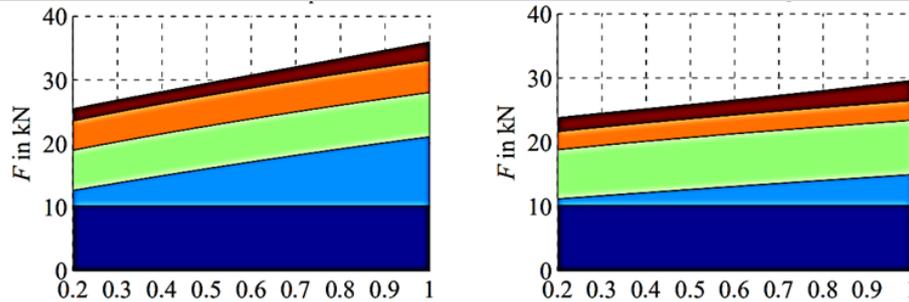


Рис. 4. Сравнение работы нерегулируемой и регулируемой скорости с одним приводом  $N_M = 1$  барабан



а) конвейер с минимальным  $F_{Sp}$  б) конвейера с увеличенным усилием зажима  $F_{Sp}$   
Рис. 5. Расчетное распределение сопротивлений  $F$  для различных сил натяжения

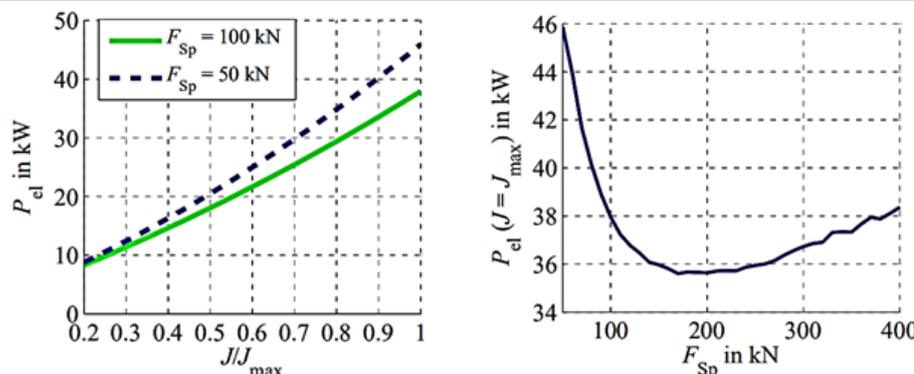


Рис. 6. Сравнение расчетного энергопотребления  $P_{эл}$  для конвейерных систем с различными силами натяжения

Натяжное усилие в 100 кН приводит к уменьшению провеса и, таким образом, повышает сопротивление изгибу, как показано на рис. 5 б. Точно так же, и количество необходимых роликовых станций, что снижает сопротивление качению. Однако увеличивает сопротивление наклона за счет увеличения массы груза на роликовую станцию, а также увеличивается износ подшипников и ленты.

На рис.6 сравнивается потребляемая мощность от сети с минимальным и повышенным усилием натяжения ленты. 6 а.

но используются двигатели малой мощности, в результате чего при частичной нагрузке габаритные размеры и КПД двигателя снижаются. На рис. 9а и 9б показана абсолютная потребляемая мощность или разница в мощности для различных типов двигателей.

Использование двигателя IE3 имеет ряд преимуществ. Потенциал энергосбережения во всем диапазоне расхода около 1% экономия в расчетной точке. При использовании двух двигателей IE2 ( $N_M = 2$ ) малой мощности в головном барабане вместо одного привода IE2

Повышение натяжной силы всегда приводит к снижению энергопотребления.

Расчет расхода электроэнергии для различных сил натяжения ленты показан на рис. 6 б. На данном примере потребляемая мощность в среднем составляет от 3 до 4 раз больше усилия натяжения (относительно минимального усилия натяжения). Однако выбор силы натяжения должен основываться на механическом напряжении ленты и его конструкции. Поэтому слишком большое усилие натяжения приводит к утяжелению ленты. Эти тяжелые ленты опять же приводят к увеличению энергопотребления с очень высокими натяжными силами. Таким образом, существует энергетически оптимальная сила натяжения, которая для этого примера расчета потенциала энергосбережения составляет примерно 25%.

Многоэлементная конвейерная система перемещает материал по нескольким наклонным участкам с длиной конвейера  $l_f$  и высотой конвейера  $H$ , показано на рис. 7. Для двух секций длина конвейерной ленты  $l_{лент}$  конвейера определяется суммой следующих величин: длина  $L_1$  горизонтальной секции конвейера и длина  $L_2$  наклонной секции конвейера. Максимальный угол  $\delta_{max}$  определяет положение точки наклона между двумя секциями.

Зависимость потребляемой мощности системы от максимального угла наклона показана на рис. 8. Большой угол наклона (например, за счет увеличения  $l_1$  и укорочения  $l_2$ ) уменьшает пригодное для использования заполняющее поперечное сечение всей ленты путем "оплавления" сыпучего материала. Это приводит к увеличению скорости ленты для одного и того же объема нагрузки. Наименьший возможный угол наклона приводит к минимальному энергопотреблению [8]. Поэтому рекомендует прямолинейное соединение с низким уклоном, с потенциалом энергосбережения около 10%.

Конструкция конвейерных систем с более низким уровнем наполнения приводит к увеличению скорости ленты и, следовательно, к увеличению потребляемой мощности (аналогично низкому коэффициенту наклона  $\varphi_{st}$ ).

### Влияние количества приводов и выбора двигателя

Различные системы электропривода в конвейерных системах отличаются главным образом тем, что способны распределять необходимую мощность по нескольким приводам. В этом случае обычно используются двигатели малой мощности, в результате чего при частичной нагрузке габаритные размеры и КПД двигателя снижаются.

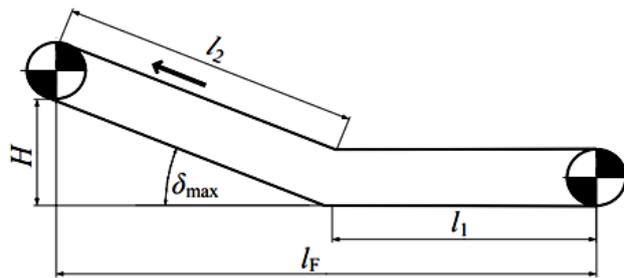


Рис. 7. Вид сбоку наклонного ленточного конвейера с двумя наклонными секциями

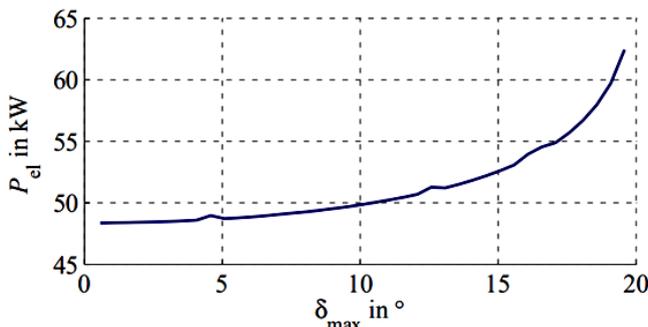
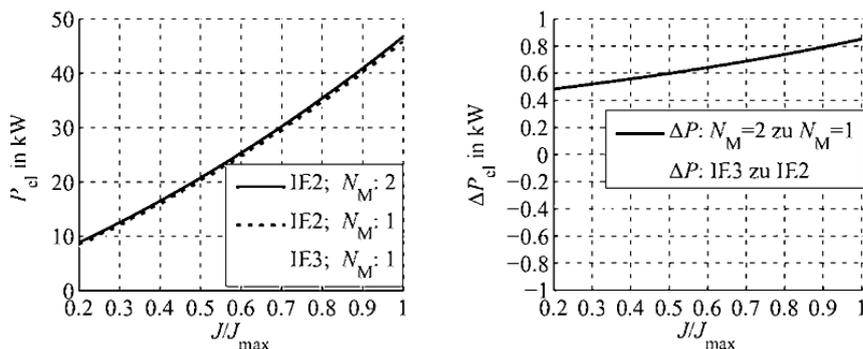


Рис. 8. Расчетное энергопотребление в зависимости от угла наклона



а) расчетное энергопотребление при подключении к сети

б) рассчитанная разница в энергопотреблении

Рис. 9. Изменение числа двигателей  $N_M$  и класса КПД IE2 / IE3

всегда приводит к повышенному потреблению энергии с дополнительным потреблением около 2% в проектной точке. С энергетической точки зрения, замена одного большей мощности двигателя на несколько двигателей малой мощности не целесообразно.

Количество электродвигателей и класс эффективности оказывает значительно меньшее влияние на общую производительность нежели как механические конструкции, так и выбор между нерегулируемым электроприводом и частотно регулируемым электроприводом [9].

### Влияние пускового момента на выбор двигателя

Пусковой момент конвейерных систем оценивается по максимальному пусковому усилию:

$$F_{\text{пн}} = 1.5F_{\text{ннч}} \quad (4)$$

Согласно этому предположению, необходимый пусковой момент в 1,5 раза выше непрерывного крутящего момента при номинальной работе конвейерной системы. При проектировании двигателя момент должен быть немного больше требуемого крутящего момента во время номинальной работы, чтобы не допускать чрезмерного размера двигателя. Тем не менее, большинство двигателей предназначены для ограничения временной перегрузки, которая может быть использована для получения необходимого пускового момента.

Большинство синхронных двигателей, возбуждаемых постоянными магнитами, могут работать в течение короткого времени примерно в 4 раза больше номинального крутящего момента. В асинхронных электродвигателях возможен пусковой момент вплоть до момента опрокидывания ( $m_{\text{ант}}/m_N = 3...4$ ). В обоих вариантах необходимо проверить, работает ли преобразователь частоты и сможет ли обеспечить пусковой ток. Для асинхронных двигателей, работающих в сети, возможный пусковой момент меньше, но большинство стандартных двигателей имеют передаточное отношение ( $m_{\text{ант}}/m_N = 2,0...2,5$ ) и больше. Большой

пусковой момент достигается за счет использования эффекта смещения тока в обмотке ротора. [10].

Так как пусковой коэффициент от 1,3 до 1,6 обычно достаточен для конвейерных систем все упомянутые конфигурации привода подходят для запуска конвейерной системы. Поэтому разделение конструкции двигателя для повышенного пускового момента не нужно (за исключением очень частые пусковые процессы). Таким образом, такая система выбора применяется для насосных и ленточных конвейерных систем и показывает высокие энергосберегающие потенциалы до 40% для обоих транспортных применений. Для анализа энергосберегающих потенциалов в этих сложных транспортных системах используются все подсистемы от рабочего процесса до транспортной системы и электропривода. Они подходит как для насоса, так и для конвейерной системы, исключая факторы безопасности для вида нагрузки, позволяют сэкономить как энергию, так и инвестиционные затраты.

### Библиографический список:

1. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Снижение затрат в глубоких карьерах на основе применения крутонаклонного конвейерного подъема в составе ЦПТ. Горный вестник Узбекистана. – 2012.–№2 – С. 3-6.
2. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Energie in Deutschland: Trends und Hintergründe zur Energieversorgung. 2013.
3. Бобожинов М.К., Эшмуродов З.О. Способы снижения потерь энергии в электроприводах в переходных режимах. «Проблемы энерго и ресурсосбережение» илмий -амалий журнал. 2016 й №1-2. С. 24-27.
4. М.К. Бобожинов, З.О.Эшмуродов, Х.Т.Ташева Применение регулируемого электропривода в горных комплексах. Узбекский журнал ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ 2018 №1. С.84-89
5. J. Schützhold, K. Benath und W. Hofmann. Auswahl energieeffizienter elektrischer Antriebe am Beispiel Förderanlagen. ant-Journal, ISSN 0722-8546, Heft 03/2014.
6. Дж. Шютцгольд, К. Бенат и У. Гофман. Расчет зависимостей скорости и нагрузки КПД электрических машин основан на данных технического паспорта. Специальный отчет 139, ISBN 978-3-8007-3550-1, Int. Конгресс ETG, Берлин, 2013 год.
7. G. Kunze, H. Göhring und K. Jacob. Baumaschinen: Erdbau- und Tagebaumaschinen. Vieweg+Teubner, 2009. 407 p.
8. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии в транспортной системе глубоких карьеров с применением крутонаклонных конвейеров. Горный вестник Узбекистана. -2011. №2. С.14-26

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НАНОПРОВОДНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА



**Воробьев А.Е.,**  
главный научный сотрудник  
Российского университета  
дружбы народов, Россия,  
д.т.н., профессор



**Холбоев Г.О.,**  
главный энергетик НГМК



**Воробьев К.А.,**  
аспирант  
Российского университета  
дружбы народов, Россия



**Хамидов А.А.,**  
магистрант кафедры  
«Электроэнергетика»  
НГИ

*Usbu maqolada elektroenergetikada nanotexnologiyalarni qo'llashning turli sohalari ko'rsatilgan. Elektr o'tkazuvchi nanokabellarini samarali qo'llashning asosiy usullari ko'rib chiqilgan. Elektroenergetikada ishlatishga yaroqli nanomateriallar ko'rsatilgan va ularning asosiy xususiyatlari aniqlangan. Yuqori voltli nanokabellar va nanosimlarning turli xil tuzilishlari namoyish etilgan.*

**Tayanch iboralar:** elektr, yuqori voltli kabellar va simlar, nanotexnologiya.

*Показаны различные области применения нанотехнологий в электроэнергетике. Рассмотрены основные пути эффективного применения нанопроводников электрического тока. Даны наноматериалы, целесообразные к использованию в электроэнергетике и раскрыты их основные особенности. Представлены различные устройства высоковольтных нанокабелей и нанопроводов.*

**Ключевые слова:** электроэнергетика, высоковольтные кабели и провода, нанотехнологии.

История производства электрических кабелей началась немногим более 100 лет назад, а в настоящее время в мире кабельную продукцию производят более 2000 компаний [11], что является причиной довольно жесткой конкуренции на кабельном рынке.

Кроме того, одна из наиболее важных современных проблем, с которой на практике сталкиваются электроэнергетики, представляет собой необходимость резкого снижения потерь энергии в процессе ее передачи по высоковольтным линиям потребителю.

Токопроводящие элементы этих высоковольтных линий электропередач изготавливаются из металлов, хорошо проводящих электрический ток (таких, как медь, алюминий, сталь, а также их различные сплавы). Наиболее часто применяется медь: из нее изготавливаются одиночные проводники, или из этих проводников скручиваются многопроволочные токопроводящие жилы [11], которые составляют основу кабелей, предназначенных для передачи электрических сигналов и электроэнергии. Медь обладает относительно высокой электропроводимостью, хорошей гибкостью, поэтому хорошо переносит многочисленные перемотки. Однако, у меди есть несколько существенных недостатков: небольшое значение прочности на разрыв, вес и постоянно растущая цена, что сказывается и на стоимости конечной продукции, изготовленной из нее.

С появлением различных аналитических наноинструментов (прежде всего – наномикроскопов) возникла возможность исследовать наноструктуру металла электрического проводника и ее влияния на значение электрического сопротивления. Так, осуществленные к

настоящему времени экспериментальные исследования показали, что границы зерен используемых в проводниках металлов носят явно неравновесный характер, обычно обусловленный присутствием довольно высокой концентрации различных зернограницных дефектов (рис. 1). Эта неравновесность, как правило, характеризуется избыточной энергией границ зерен и наличием здесь дальнедействующих упругих физико-механических напряжений [1]. Определенная неравновесность границ таких зерен вызывает искажения кристаллической решетки материала электрического проводника, а также изменение в его структуре межатомных расстояний и появление значительных смещений атомов (вплоть до потери упорядоченности).

Когда по проводнику из традиционно используемых металлов (алюминий, медь, сталь и т.д.) проходит электрический ток, то электроны сталкиваются с их примесными атомами, атомной решеткой и фононами, либо имеющимися в их материале различными дефектами [1]. Результатом этих особенностей является повышенное значение электрического сопротивления используемых в кабелях и проводах традиционных металлов, что приводит к выделению электрической энергии в виде тепла, т.е. потери её некоторой, но довольно существенной, части.

Также в электроэнергетике важным представляется использование различных магнитных наноматериалов, которые обычно разделяют по типу организации их внутренней системы и факторам, определяющим их магнитные свойства (рис. 2) [1]:

– **тип А** — изолированные не взаимодействующие магнитные частицы (магнитные жидкости, композиты и диэлектрики, с низкой концентрацией магнитной фазы). Свойства подобной наносистемы определяются только их размерным фактором;

– **тип В** — наночастицы «ядро в оболочке» (нанопорошки металлов, покрытых слоем соответствующего оксида и др.). Свойства таких наносистем практически полностью определяются характером взаимодействия их ядра с оболочкой;

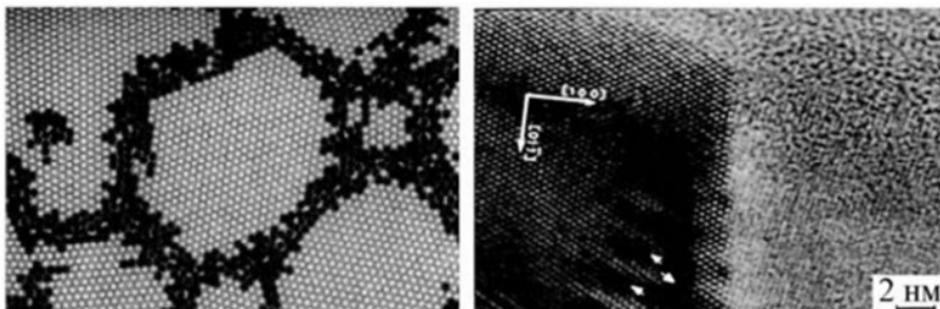


Рис. 1. Атомная модель традиционного (а) и наноструктурного (б) материала [1]: черным обозначены атомы зернограницной области; границы зерна в наноструктурной меди (просвечивающая электронная микроскопия)

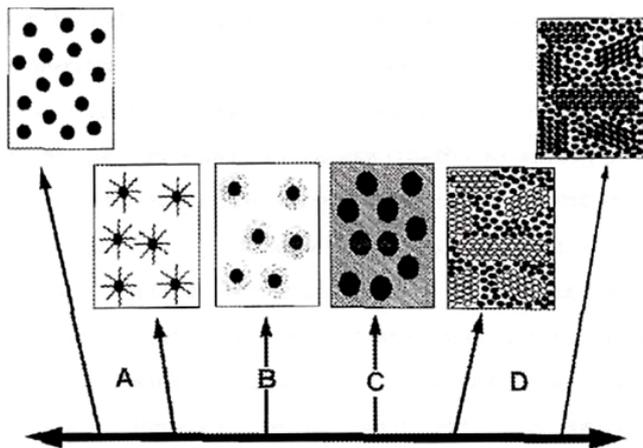


Рис. 2. Схематический вид магнитных наноструктур с различным типом организации [1]

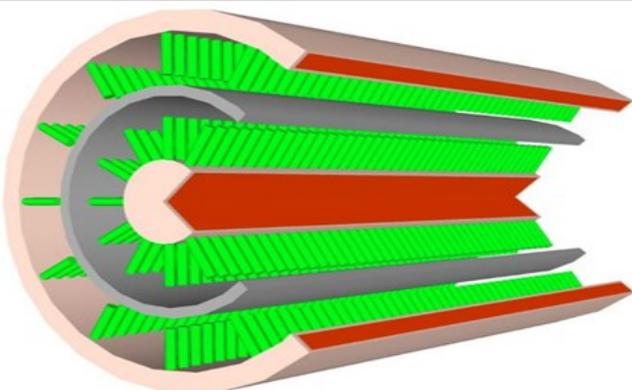


Рис. 3. Структура электрического нанокабеля, сохраняющего электроэнергию

**тип С** — магнитные частицы в магнитоактивной или неактивной матрице. Свойства этой наносистемы определяются как размерами непосредственно наночастиц, так и характером их взаимодействия с матрицей и друг с другом;

**тип D** — наносистемы с высокой концентрацией наночастиц (самоорганизованные наносистемы). Их специальные свойства определяются, прежде всего, возможными условиями и характером межчастичного взаимодействия.

Современные конструкции различных устройств, используемых в электроэнергетике, должны обладать такими специфическими функциями (пока еще не полностью реализованными в реальной практике), как самодиагностика, самоочистка и самовосстановление, наделяя их важной способностью целенаправленно реагировать на все вероятные изменения внутренних и внешних факторов, с возможностью активировать различные (соответствующие ситуации) дополнительные устройства, что может быть обеспечено, прежде всего, на основе использования наноматериалов и нанотехнологий [2-8].

Наиболее развитыми современными нанотехнологическими проектами в сфере энергетики (табл. 1) являются [13]: хранение, преобразование и улучшение производства электроэнергии (уменьшение потребления материалов, а также длительности осуществляемых процессов), а также энергосбережение (например, за счет разработки новых методов термоизоляции) и использование возобновляемых источников энергии.

Именно с нанотехнологиями оказалась связана принципиальная возможность формировать внутреннюю структуру материалов, используемых в электроэнергетике (прежде всего в высоковольтных кабелях и электрических проводах [19]), в наномасштабных размерах, т.е. кардинально менять их первоначальную структуру на атомном и молекулярном уровнях. В результате получают так называемые «квантовые провода».

Необходимо отметить, что по сравнению с обычными материалами в них довольно значительно изменены многие механические, химические, электрофизические, магнитные, оптические, теплофизические и другие специальные свойства и характеристики [1].

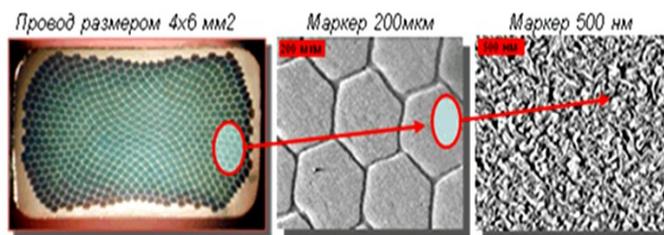


Рис. 4. Медный проводник, с нанониобевыми волокнами [17]

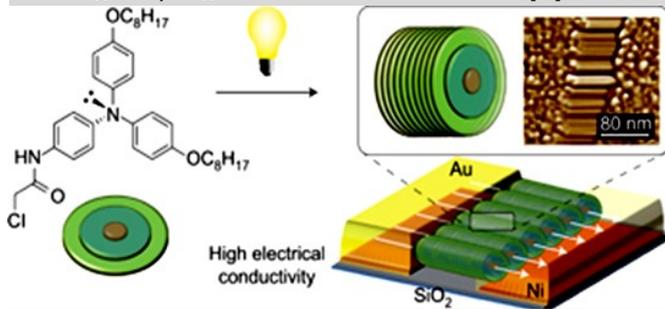


Рис. 5. «Самосборка» органических проводников электрического тока [14]

Основные физические причины таких принципиальных изменений в свойствах и характеристиках наноматериалов определяются следующим [1]:

- большой долей в наночастицах приповерхностных атомов;
- увеличением объемной доли границ раздела зерен, слагающих материал;
- склонностью к самоорганизации и образованию явно выраженных кластерных структур;
- размером элементов наноструктур, как правило, соизмеримым с характерным размером основных фундаментальных физических величин;
- возможностью проявления квантовых эффектов.

Поэтому для применения в электроэнергетике в качестве токопроводящих жил высоковольтных кабелей и проводов в настоящее время рассматриваются такие наноматериалы, как [9]: углеродные нанотрубки, наноглины, нанопорошки, нанопены (в том числе - разбухающие), нанокерамика, нанополимеры (имеется значительное количество промежуточных гибридных наноматериалов, например, металлополимерные или биополимерные наноккомпозиты), многослойные наноленты и др.

В качестве характерного примера можно привести углеродные нанотрубки, которые представляют собой наноразмерные полые цилиндры, выполненные из графитированного углерода, имеющие одну, две или более стенок [9]. Они являются самыми прочными из всех известных к настоящему времени волокон, а также обладают довольно уникальными электрическими свойствами и характеристиками. При этом, в зависимости от той или иной структуры нанотрубок, они могут вести себя как металлический проводник или полупроводник.

Изменение электрических свойств наноматериалов, используемых для проводников электрического тока, в основном обусловлены своеобразием и особенностями поведения в них электронов. В результате электроны в нанопроводниках могут перемещаться без каких-либо столкновений и выделения тепла, т.е. максимально эффективно. Рассмотренные особенности наноматериалов, позволяют их эффективно использовать в высоковольтных электрических кабелях и силовых проводах.

К настоящему времени были выявлены все необходимые условия возможной реализации нанотехнологий в области электроэнергетики [16]:

- создание электрических нанопроводников с максимальным уменьшением их поперечного сечения (вплоть до размеров отдельного атома) и с монокристаллической структурой, обеспечивающей наибольшую величину длины свободного пробега зарядов (электронов);
- разработка «самовосстанавливающихся» электрических кабелей и проводов;
- разработка кардинально новых конструкций высоковольтных электрических кабелей и проводов (линий электропередач);
- разработка современных методов получения асимметричных (полупроводниковых), потенциальных энергетических нанобарьеров

Таблица 1

Применение нанотехнологий в сфере энергетики [13]

| Область рынка           | Сегмент области рынка          | Нанопродукты   | Компании  |
|-------------------------|--------------------------------|--|---|
|                         | Солнечная термальная энергия   | Нанопористые аэрогели в качестве покрытия коллекторов солнечной энергии  | Aspen Aerogels<br>Cabot                                     |
|                         | Солнечные батареи              | Солнечные батареи на основе органических красителей  |   |
|                         |                                | Фотовольтаические элементы на основе квантовых точек, соединенных между собой углеродными нанотрубками   | Nanosys   |
| Преобразователи энергии |                                | Гибкие солнечные батареи на основе наноконпозиционных материалов, состоящих из неорганических наностержней, внедренных в пленку органического полупроводника   |   |
|                         | Топливные элементы             | Катализаторы, состоящие из металлических частиц размером 1-5 нм. в углеродной матрице  | Pacific Fuel Cell Corp<br>NEC<br>Altair<br>Nextechmaterials |
|                         | Термоэлектричество             | Термоэлектрические материалы, организованное в суперрешетки, конвертирующее тепло  | Voxtel  |
|                         | Перезаряжаемые батареи         | Нанокристаллические материалы и нанотрубки, существенно увеличивающие плотность энергии, время жизни и скорость зарядки - перезарядки. Нанотрубки заменяют также обычные графитовые и литий-графитовые электроды | Altair Nanogram   |
| Накопление энергии      | Хранение водорода              | Повторяемая адсорбция - десорбция водорода наноструктурированных материалов на основе графита  | Sony<br>General Motors<br>Carbon Nanotechnologies Inc.      |
|                         | Суперконденсаторы              | Пористые углеродные электроды в качестве "пластин" конденсатора. Сверхмалые нанопоры обеспечивают высокую удельную поверхность порядка 1000 м <sup>2</sup> /г  | Cap-XX<br>Skeleton Nanolab                                  |
|                         | Термоизоляция                  | Нанопористые аэрогели;   |   |
|                         |                                | Электрохромные покрытия, состоящие из тонкого слоя оксида индия и олова в качестве электродов, используемые для уменьшения тепловых потерь   | Chromogenics  |
| Энергосбережение        | Более эффективное освещение    | Нанодиффракция, использующий яркий "дневной" свет после облучения УФ излучением  | Kopin<br>Nanoscale Imaging Corp.                            |
|                         | Двигатели внутреннего сгорания | Увеличена КПД двигателя с помощью нанопористых катализаторов или наночастиц, улучшающих конверсию  | Hydrocarbon Technologies Inc.                               |

патентом защищается следующее техническое решение. Токопроводящая жила — композиционная, изготавливается из металла с высокой удельной электропроводностью (медь, серебро, цинк и их сплавы), в который внедрены углеродные нанотрубки. Используется следующий метод изготовления токопроводящей жилы [11]: спекание, горячее прессование и др. Конструкция кабеля включает несколько оболочек — изолирующую, полупроводящую, защитную, которые последовательно накладывают на жилу. Все оболочки являются композиционными и имеют полимерную матрицу. При этом полимер изолирующей и защитной оболочки наполнен частицами наноглины, а полимер полупроводящей оболочки — углеродными нанотрубками.

Учёные из Университета штата Северная Каролина разработали эластичные, самовосстанавливающиеся электрические провода, в которых сердечник из жидкого металла и полимерная оболочка после разрыва восстанавливаются на молекулярном уровне. Благодаря использованию жидкого металла эти электрические провода обладают превосходными электропроводящими свойствами [12]. А поскольку такие провода также эластичны и способны «самоизлечиваться», то они высокоперспективны в энергетике (для применения в областях, с различными неблагоприятными воздействиями).

Первоначально были созданы микрофлюидальные каналы, в серийно выпускаемом самовосстанавливаемом полимере, используя при этом типовую конструкцию одножильного электрического провода. Заполнив эти микроканалы жидкометаллическим сплавом из индия и галлия был создан жидкометаллический провод в эластичной оболочке [12]. Так как в нем проводник находится в жидком состоянии, то его можно растягивать вдоль полимерной оболочки. Когда происходит надраз или разрыв этого провода, то жидкий металл окисляется, образуя новую оболочку на месте прорыва, которая предотвращает дальнейшее вытекание металла из такого провода, а оболочка восстанавливает свои молекулярные связи.

Такая технология может быть использована для создания сложных, 3-х мерных структур с соединительными микроканалами, заполненными жидким металлом, путём разрезания полимерной оболочки на секции и повторного соединения этих секций под различными углами с каналами [12].

Кроме того, сотрудники американского национального Института стандартов и технологии

(наногетероструктур). Ширина таких нанобарьеров (наногетероструктур) должна быть соизмерима с возможной длиной пути свободного пробега электронов (10<sup>-6</sup> см) [16], однако, в монокристаллах она может быть зачастую несколько меньше (10<sup>-4</sup> см), а их незначительная высота должна соответствовать довольно малой величине запорного напряжения.

На основе такого подхода, в ИФПМ УГАТУ (РФ), с помощью передовых технологий был получен сплав Al-Mg-Si, отвечающий всем указанным требованиям. Это технология интенсивной пластической деформации (ИПД-технологии) — способ получения беспористых металлов и сплавов, с размером зерна около 100 нм, заключающийся в формировании (за счет больших деформаций) сильно фрагментированной и разориентированной структуры, сохраняющей в себе остаточные признаки рекристаллизованного аморфного состояния.

Более комплексный подход, ориентированный на перспективу, отражен в патенте США на изобретение N 7345242 «Электрический композитный проводник и кабель с таким проводником», автор — Chen Go Lane (патентообладатель - Hon Hai Precision Inst. Co, Ltd). Этим

(NIST), проводя экспериментальные исследования по развитию нанотехнологий в сфере энергетики [9], смогли передать электрический сигнал по алюминиевому нанокабелю между 2-мя отдельными атомами, продемонстрировав весьма высокие возможности подобного нового подхода. В последующем, исследователи из Японии и Швейцарии продемонстрировали практическую возможность связывания, с помощью проводящих электрический ток молекулярных нанопроводов, между собой отдельных молекул электрического проводника. В этой актуальной задаче имелись две сложности (которые были решены): как расположить нанопровода точно в нужных местах и как соединить их с функциональными молекулами химической связью.

Благодаря использованию новых нанотехнологий, исследователями из Университета Центральной Флориды была разработана структура электрического кабеля (рис. 3), способного не только передавать электрический ток, но и какое-то время хранить поступившую в него электроэнергию.

Создать такой электрический кабель (способный хранить поступившую в него энергию) удалось путем добавления довольно тонкого

слоя пластика вокруг нанокристаллов, окруженного металлической оболочкой. При этом все его слои должны быть скреплены специальным гелем. Внутренняя медная проволока позволяет передавать электроэнергию, а слои вокруг – сохранять ее. При чем, в качестве токонесущего элемента (нанопроводника), возможно, использование нанотрубок или двумерного кристалла графена [16].

Ученым из Rice University удалось создать силовой электрический кабель, токопроводящие части которого были выполнены на основе углеродных нанотрубок [18]. При чем в таком новом электрическом кабеле роль токопроводящей среды выполняет не традиционный металлический провод, а специальная жила, сплетенная из углеродных нанотрубок (к тому же имеющих двойную стенку).

Такие силовые электрические кабели, обладая довольно высоким значением электрической проводимости, в будущем станут важной основой для формирования высокоэффективных сетей передачи электроэнергии.

Ранее, главным технологическим препятствием, с которым сталкивались попытки разработки подобного нанотрубчатого электрического кабеля, была трудность изготовления большого количества однородных нанотрубок значительной длины [18].

С помощью нового электрического нанокабеля (получившего название Armchair quantum wire - AQW), сотканного из довольно длинных нанотрубок, можно будет передавать электроэнергию на значительные расстояния с довольно небольшими потерями [18], которые во много раз меньше, чем тот 5% допустимый предел технологических потерь на 200 км передачи электроэнергии, который является нормативом для традиционных линий электропередач, в которых токопроводящие провода сделаны на основе меди или алюминия.

В Российской Федерации, в Всероссийском научно-исследовательском институте неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара, была разработана технология создания новейших суперпроводов [17]. Суть этой технологии заключается в последовательной сборке биметаллических составных заготовок, с их последующим деформированием. Это дает возможность внедрения в матрицу традиционного медного провода ленточных ниобиевых нановолокон (рис. 4), толщиной всего 6-10 нм.

В итоге получается композитный провод (сечением 2×3 мм), в котором присутствует до 400 млн. тончайших ниобиевых нановолокон [17]. Такой полученный электрический провод отличается аномально высокой (значительно превышая 500 МПа) механической прочностью, а также электропроводностью на уровне 65-85% от значения электропроводности чистой меди, что достигается довольно малым (сопоставимым со средней длиной пробега электронов в медной матрице) расстоянием между нановолокнами.

Кроме того, французские исследователи в области материаловедения института CNRS и университета г. Страсбурга разработали высокопроводящие пластиковые нановолокна, толщиной всего несколько нанометров [14]. Им удалось разработать метод “самосборки” подобных органических проводящих волокон между 2-мя металлическими электродами (рис. 5). Было установлено, что необходимым условием для запуска такого процесса является наличие одновременно света и электрического поля.

При этом использовалось производное соединение от довольно хорошо изученного триариламина. По величине электрической проводимости полученные наноструктуры оказались весьма близки к металлам [14]. Более того, они проявляют такие чисто “металлические” свойства, как резкое падение величины сопротивления при температурах, близких к абсолютному нулю (1,5° по шкале Кельвина).

Еще одним примером применения нанотехнологии в электроэнергетике является изготовление обмоточного провода с использованием тонкодисперсного нанопорошка оксида кремния, введенного в полиамидную изоляцию химическим способом [10]. Этот метод позволяет улучшить качество изготавливаемого нанопровода и существенно повысить (до 280°С) его температурный индекс.

Как следует из работы исследователей Технологического университета Чалмерса (Швеция), добавка углеродных наночастиц (фуллерена C<sub>60</sub>) в пластмассовую изоляцию силовых высоковольтных электрических кабелей, дает возможность поднять их рабочее электрическое напряжение на 26%, одновременно пропорционально снижая уровень имеющихся потерь электроэнергии [15]. Рост величины рабочего напряжения изоляции объясняется тем, что молекулы фуллерена более эффективно могут захватывать свободные электроны, обычно разрушающие длинные полимерные молекулы, составляющие основу пластика.

## Библиографический список:

1. Бенда А.Ф. *Материалы нанотехнологий в полиграфии. Ч. 2. Наноматериалы. Проблемы безопасности, экологии и этики в применении наноматериалов.* М.: МГУП им. И. Федорова. 2014. 130 с.
2. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. *Наноматериалы и нанотехнологии: особенности протекания физико-химических процессов.* Lambert Academic Publishing. Mauritius. 2018. – 104 с.
3. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. *Импортозамещающие нанотехнологии в топливно-энергетическом комплексе России.* М., РУДН. 2014. 158 с.
4. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. *Наноинженерия топливно-энергетического комплекса. Т 3. Нанотехнологии настоящего и будущего.* М., РУДН. 2019. 417 с.
5. Воробьев А.Е., Ибылдаев М.Х. *Нанотехнологии в производстве модификаторов // Механика и технологии (Казахстан) № 2. 2015. С. 102-105.*
6. Воробьев А.Е., Лысенкова З.В., Тралбесси С.Б. *Становление современного рынка наноиндустрии. Учебное пособие.* М., Московский технологический университет (МИРЭА). 2017. 68 с.
7. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Воробьев К.А. *Возможности эффективного применения инновационных методик подготовки кадров по специальностям энергетики // Материалы республиканской научной конференции «Актуальные вопросы подготовки кадров по специальностям энергетики».* Сумгаит (Азербайджан). Сумгаитский государственный университет. 2019. С. 6-13.
8. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Воробьев К.А., Чжан Лянцзы, Ибрагимов Р.П., Хаджиев А.А. *Анализ основных свойств наночастиц железа // Актуальные вопросы в науке и практике / Сборник статей по материалам XIV международной научно-практической конференции (04 февраля 2019 г., г. Самара). В 3 ч. Ч.1 / – Уфа: Изд. Дендра, 2019. С. 73-89.*
9. *Кабели и нанотехнологии // <https://mobile.ruscable.ru/article/96>*
10. Константинов Г.Г., Арсентьев О.В. *Применение наноматериалов в кабельной промышленности // Вестник ИрГТУ N 7. 2010. С. 186-191.*
11. Куликов А., Светиков Ю. *Нанотехнологии — каковы ожидания разработчиков кабелей? // Компоненты и технологии № 9. 2009. С. 132-138.*
12. Лопаткина С.В. *Обзор инновационных нанотехнологий в кабельно-проводниковой отрасли // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд N 4. 2015. С. 143-148.*
13. *Нанотехнологии на рынке энергетики // [http://www.cleandex.ru/articles/2010/04/23/nanotechnology\\_in\\_energy\\_market](http://www.cleandex.ru/articles/2010/04/23/nanotechnology_in_energy_market).*
14. *Пластиковые нанопроводники как альтернатива углеродным нанотрубкам // <https://3dnews.ru/628118>.*
15. *Применение нанотехнологий в сфере передачи электроэнергии // <http://www.yug-cable.ru/?p=5645>.*
16. Сидоров М.А. *Природоподобная нанотехнология для энергетики // Сборник материалов III Международной научной конференции «Моделирование структур, строение вещества, нанотехнологии».* Тула. 2016. С. 266-271.
17. *Суперпровода - нанотехнологии в электроэнергетике // <http://elektrik.info/main/news/963-superprovoda-nanotehnologii-v-elektroenergetike.html>,*
18. *«Усиленные» нанотрубки – будущее высокоэффективных линий передачи электроэнергии // <https://dailytechinfo.org/nanotech/2644-usilennye-nanotrubki-budushhee-vysokoyeffektivnyx-linij-peredachi-yelektroyenergii.html>.*
19. Cizmiz H. *Nanotechnology: how small is the nanoworld in cable industry. Wire Journal International., №3. 2007. pp. 196-199.*

## ҲАЁТ МАЗМУНИ

*Maqolada o'tgan asrda O'zbekiston kon-metallurgiya sanoatining rivojlanishiga munosib hissa qo'shgan A. Abdulyalievning hayoti va faoliyati haqida ma'lumotlar keltirilgan.*

**Tayanch iboralar:** rangli metallurgiya vazirligi, ishchilar bilan ta'minlash boshqarmasi, oltin va mis konlari, namunalni oila, NKMK, Newmont Mining Corporation, oltin to'plangan tanlab eritmaga o'tkazish sexi.

*В статье приведены сведения о жизни и деятельности А.Абдувалиева, который внёс достойный вклад в развитие горно-металлургической промышленности Узбекистана в прошлом веке.*

**Ключевые слова:** министерство цветной металлургии, управление снабжения рабочих, месторождения золота и меди, образцовая семья, НГМК, корпорация "Newmont Mining", цех кучного выщелачивания золота.



**Раупов Х.Р.,**  
Маънавий пропаганда  
маркази бошқармаси  
НКМК, тарих фанлари  
номзоди, доцент

Жонажон Ватанимизда эл-юрт тинчлиги ва фаровонлигига бутун умрини бағишлаган, ана шу олижаноб мақсад ҳаётининг мазмунига айланган инсонлар кўп. Азал-азалдан ватандошларимиз халқ билан ҳамнафас бўлган, эл-юрт тинчлиги, осойишталиги, фаровонлигини ўйлаб, қайғуриб яшайдиган мард, жасур инсонларни ҳурмат-эҳтиром қилиб, машаққатли ишларида елкадош бўлган, уларга ишонган. Бугунги кунимиз эртага тарихга айланади. Тарих зарварақларида эса ҳар бир инсоннинг ўз халқи учун қилган хизматлари, саодатли ишлари мангу муҳрланади.

Ўзбекистонда кон-металлургия соҳаси тарихни ўрганиш жараёнида кўплаб фидойи инсонлар фаолияти билан танишишга тўғри келди. Мазкур мақола шундай инсонлардан бирини эҳтиром билан ёдлашди. Ҳар бир соҳа ривожига юксак тафаккурли, билимли кадрлар, маҳоратли ва салоҳиятли инсонларнинг фаолияти билан чамбарчас боғлиқдир.

Донишмандларнинг "Дунё- фидойи, билимли ва истеъдодли одамларнинг борлиги билан барқарордир", деган сўзлари бевосита қаҳрамонимизга ҳам тўла дахлдир. Узоқ йиллар кон-металлургия соҳасида фидокорона меҳнат қилиб, кўпчиликнинг юксак эътибори ва катта ҳурматида сазовор бўлган инсонлардан бири - Абдулхай Абдувалиевич Абдувалиевдир.

Абдулхай Абдувалиев 1926 йилнинг 27 январиди азим Тошкент шаҳрида ишчи оиласида таваллуд толган. Ўрта мактаб ва Тошкент темирйўл транспорти техникумини, кейинчалик Самарқанд савдо-кооператив институт тамомлаб, халқ ҳўжалигининг турли соҳаларида фаолият кўрсатади.

А.Абдувалиев кон-металлургия соҳасида 1970-1991 йилларда собиқ Иттифоқ Рангли металлургия вазирлигининг Ўрта Осиё ишчилар таъминоти бошқармаси бошлиғи, Ўзбекистон ишчилар таъминоти бошқармаси бошлиғи, Ўзбекистон ишчилар таъминоти ишлаб чиқариш-савдо бирлашмаси бош директори, 1991-1995 йилларда эса Қимматбахо металлар давлат кўмитаси Ишлаб чиқариш-савдо бирлашмасининг бош директори каби масъул лавозимларида самарали фаолият кўрсатди. Шу даврда республикамиз кон-металлургия sanoati корхоналари ишчи ва хизматчилари, шунингдек, олис ва тоғли ҳудудларда, мураккаб шароитларда фаолият кўрсатаётган соҳа ходимлари ва уларнинг оила аъзолари, шунингдек, маҳаллий аҳоли эҳтиёжларидан келиб чиққан ҳолда, уларга умумий овқатланиш, савдо ва маиший хизмат кўрсатилишини, ушбу ҳудудлардаги мактаб, мактабгача таълим муассасалари ва ижтимоий соҳа объектлари таъминотини ташкил этиш ва унинг сифатини тубдан яхшилашга эришилди. Олмалиқ кон-металлургия комбинати, "Ўзбеколтин" ишлаб-чиқариш бирлашмаси, "Ингичка", "Олтинтопан", "Қўйтош", "Чодак", "Устарасой", "Маржонбулоқ", "Зармитан", "Қоулди" ва "Қорақўтон" конлари ҳамда бошқа корхоналар ишчи-ҳодимлари учун марказлаштирилган умумий овқатланиш, савдо ва сервис хизматлари тизими ташкил этилиб, ишчилар таъминоти корхоналарининг моддий-техника базаси мустаҳкамланди, минглаб янги иш ўринлари, шунингдек, корхоналар ишчи-хизматчилари учун қулай шарт-шароитлар яратилди.

Таърибали раҳбарнинг ташаббуси билан соҳа ходимларини доимий равишда мева ва сазавот маҳсулотлари билан таъминлаш мақсадида Тошкент шаҳрида икки минг тонна, Самарқанд шаҳрида минг тонна сифимли музлатгич омборлари ва темирйўл инфратузилмасига эга бўлган йирик савдо-тайёрлов базаларига асос солинди. Олис ва тоғли ҳудудларда озик-овқат,

нон ва қандолат маҳсулотлари, халқ истеъмоли молларини ишлаб чиқариш ҳамда ёрдамчи ҳўжаликлар фаолияти ривожлантирилиб, мактаб, мактабгача таълим муассасалари, ижтимоий соҳа тармоқларини узлуксиз гўшт, сут ва бошқа қишлоқ ҳўжалиги маҳсулотлари билан таъминланиши йўлга қўйилди.

А.Абдувалиев Россия Федерациясининг Рангли металлургия вазирлиги тизимида Норильск шаҳри, Магадан, Чита вилоятлари ва Приморск ўлкалари металлургия корхоналари билан яқиндан ҳамкорлик ўрнатиб, уларга юртимизда етиштирилган мева-сазавот маҳсулотлари, Россиядан эса республикамиздан танқис бўлган sanoat молларини мунтазам равишда етказиб бериш ишларида бош-қош бўлди. А.Абдувалиев ҳалол ва фидокорона хизматлари баробарида кўплаб малакали, касбига фидойи шоғирдларни тарбиялади.

Ўзбекистон Республикаси кон-металлургия соҳасини ривожлантиришга кўшган ҳиссаси учун Абдулхай Абдувалиевич Абдувалиевга "Ўзбекистонда хизмат кўрсатган савдо ходими" фахрий унвони берилган, у "Ҳурмат белгиси" ордени ва "Меҳнат фахрийси" медали, Ўзбекистон Олий Совети Президиуми ва Вазирлар Кенгашининг Фахрий ёрликлари билан тақдирланган.

А.Абдувалиев ҳаётининг охири кунигача кон-металлургия соҳасида раҳбар лавозимларда ишлаб, Ўзбекистон Қимматбахо металлар давлат кўмитаси, Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги "Махсус қотишма" Республика ташкилотининг директорлар Кенгаши аъзоси сифатида самарали фаолият кўрсатди.

Абдулхай Абдувалиевнинг эзгу ишлари, эл-юрт олдидидаги хизматлари муносиб баҳоланди. Тошкент шаҳар ҳокимининг 2000 йил 23 июндаги 364-сонли қарори билан қаҳрамонимиз истиқомат қилган кўчага унинг номи берилган. У фарзандларига ватанпарварлик, эл-юртига садоқат билан, ҳалол ва фидокорона хизмат қилишдек гўзал инсоний фазилатларни сингирган.

Оила – ҳар бир халқнинг, миллатнинг давомийлигини сақлайдиган, миллий қадриятларнинг ривожини таъминлайдиган, янги авлодни маънавий ва жисмоний баркамол қилиб тарбиялайдиган, жамиятнинг асосий негизи ҳисобланувчи муқаддас маскандир. Оила мустаҳкамлигини таъминловчи омиллardan бири фарзандлардир. Фарзандларнинг қандай инсон бўлиб шаклланиши биринчи навбатда ота-онага боғлиқ. Ҳар бир инсон ўз фарзандини намунали, илмли ва маънавиятли бўлишини орзу қилади. А.Абдувалиев эл-юрт корига камарбаста фарзандларни тарбиялади. Катта ўғли Абдурахмон Абдувалиев республика йўл қурилиши соҳасининг йирик ташкилотчи ва малакали мутахассисларидан. У бугунги кунда Транспорт вазирлиги ҳузуридаги Автомобиль йўллари кўмитаси раиси сифатида мамлакатимизда мазкур соҳани ривожлантиришга ўзининг муносиб ҳиссасини қўшиб келмоқда.

Техника фанлари доктори, профессор Абдуқаҳҳор Абдувалиев эса "Ўздавстандарт" марказида бўлим бошлиғи, Ўзбекистон стандартлаштириш, метрология, сертификатлаштириш ва маҳсулот сифатини бошқариш соҳасида тадқиқотлар олиб бориш ва мутахассислар тайёрлаш институти директори, "Ўзстандарт" агентлиги бош директори лавозимларида фаолият кўрсатди. Айни пайтда Тошкент ирригация ва қишлоқ ҳўжалигини механизациялаш муҳандислари институти профессори бўлган Абдуқаҳҳор Абдувалиевнинг "Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаш" номли дарслиги соҳа мутахассислари ва талабалар учун муҳим қўлланма ҳисобланади.

Ҳаёт ҳар бир сулоланинг мазмунли, ибратли умр йўли, элга қилган яхшиликлари билан гўзал! Мана шундай шарафга сазовор бўлган Абдувалиевлар сулоласи ҳақида ҳар қанча фахрланиб гапирсак арзийди. Зеро, онгли фаолиятини эзгу ишларга бахшида этган инсонлар ҳар доим юксак ҳурмат-эътиборга муносибдир. Уз соҳасининг билимдони ва жонқуяри бўлган Абдулхай Абдувалиев ўзидан яхши ном, эзгу ишлар, муносиб фарзандлар қолдирди.

Сулола давомчилари Абдурахмон, Абдуқаҳҳор, Баҳодир Абдувалиевлар ҳалол хизматлари билан кўпчиликка ҳар жиҳатдан ибрат бўлишаётир. Абдувалиевлар сулоласининг ҳаёт йўли ифтихорга арзигулик ва у “От ўрнини той босар” деганларидек, Абдулхай Абдувалиевнинг фарзандлари мисолида бардавомдир.

## ЮБИЛЕЙ ТИПОГРАФИИ НГМК



Важным и единственным ключом развития человечества, является грамотная передача накопленных знаний и опыта предыдущего поколения последующему. На первый взгляд простая задача, но как это сделать правильно? Человек издавна, по мере развития цивилизации, находил все более изощрённые способы сделать это. Одним из таких древнейших способов стала петрография, изображение на каменной основе, затем человек освоил язык и письмо. Но, так как выбивать массивные тексты на камнях не совсем практично, люди стали искать другие способы сохранить и передать информацию. Важную роль в развитии человеческой цивилизации сыграла креативность именно тех людей, которые занимались письмом и стояли у истоков печатного дела.

Сегодня ни одна организация будь она образовательным, медицинским или государственно-административным учреждением, либо промышленным предприятием, не может обойтись без стандартного типа документооборота и делопроизводства. Организация слаженной работы предприятия включает в себя оформление типовых документов. Разные бланки и формы безусловно делают нашу работу на много проще и удобней.

Навоийский ГМК является многоотраслевым предприятием, в котором гармонично функционируют организации разных сфер. Деятельность этих организаций напрямую зависит от ежедневного делопроизводства. Каждый день в Навоийском ГМК оформляются тысячи документов абсолютно разного предназначения. К примеру, ежедневно в комбинате выписывается более 400 накладных на товарно-материальные ценности, оформляются более 670 счётов-фактур и приходно-расходных ордеров, печатаются тысячу и более писем и служебных записок, а также более 2,5 тысяч других документов. Удовлетворение потребностей такого количества задача не простая. Именно поэтому, в Навоийском ГМК есть своя специализированная Типография с широким профилем предоставляемых услуг.

Типография НГМК – это надёжный партнёр Навоийского ГМК.

Типография НГМК образована 25 октября 1965 года по поручению руководства комбината. Первый коллектив типографии состоял из 7 человек под руководством Гольдмана Давида Лазаревича. В тот же год была отпечатана первая тысяча экземпляров бланка счёта-фактуры для бухгалтерской службы комбината и в этом же году коллективом типографии была освоена технология печати бланков 29 наименований. К 1966 году этот показатель составил 105 наименований разнотипной бланочной продукции.

Изначально типография располагалась в здании ЦЛ КИП и А НГМК на 46-квadratных метрах, 89% от которого занимало оборудование. В тот период комбинат стремительно развивался, соответственно росла и потребность в печатной продукции. С целью создания возможности своевременного и оперативного удовлетворения возникающего острого спроса в разных бланках типографии НГМК приходилось постоянно развиваться и расширяться. В 1973 году типография НГМК была перемещена во вновь перестроенное здание, располагающееся в южном массиве города Навои. На тот момент в типографии уже трудились 24 квалифицированных специалиста и она в полном объёме обеспечивала комбинат не только бланочной, текстовой, но и книжной продукцией. Услугами типографии НГМК пользовались воинские части, медицинские учреждения, школы, а также многие организации административно-хозяйственного управления.

Сегодня типография НГМК – это современное, высокотехнологичное предприятие с широким ассортиментом выпускаемой продукции и спектром услуг. Кроме удовлетворения ежедневной потребности комбината в бланочной продукции, здесь производится печать научных и литературных изданий, выпускаются канцелярские принадлежности (календари, папки-адреса и др.) и другая печатная продукция в количестве 184 наименований.

Коллектив типографии состоит из 33 человек в котором трудятся настоящие профессионалы и мастера своего дела. Каждый член коллектива типографии – это крепкое и незаменимое звено.

Здесь работают наборщики, переплётчики, печатники, механики, электрики, операторы, корректоры, дизайнеры, резчики, другими словами люди, которые способны запечатлеть историю. Каждый напечатанный в типографии символ на бумаге – это результат тяжёлого труда каждого работающего здесь специалиста.

В этом году типография отмечает 55-летний юбилей со дня образования. За все эти годы типография НГМК была для комбината верным товарищем и надёжным партнёром. Можно с полной уверенностью заявить, что работники типографии НГМК внесли огромный вклад в развитие Навоийского ГМК.

Сегодня столь солидный возраст предприятия - большая редкость. И опыт который был, накоплен за эти годы, нельзя заменить никакими технологиями. В настоящее время уверенно ведёт вперед сплоченный коллектив типографии молодой начальник Хатамов Маъмур Жабборович.

Желаем, чтобы его коллектив не останавливался на достигнутом, был всегда в поиске и стремился к новым достижениям. Пусть вековые традиции продолжают и крепнут. Примите самые искренние пожелания, желаем Вам процветания и благоденствия, здоровья и удачи.

**Навоийский горно-металлургический комбинат**  
**Навоийский государственный горный институт**  
**ГУП «O'zGEORANGMETLITI»**  
**Редакция журнала «Горный вестник Узбекистана»**



**DM75 - Мощный и надежный станок для  
вращательного бурения скважин диаметром  
250 мм–270 мм**

