

O'zbekiston

KONCHILIK XAVARNOMASI

1

№ 80

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRISH JURNALI

Yanvar - Mart 2020

ISSN 2181-7383

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРНЫЙ ВЕСТНИК

УЗБЕКИСТАНА



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.Темуря 95А.

Тел.: +998 71140 91 91 Факс: +998 71140 92 92

www.normet.com

O'zbekiston

KONCHILIK XABARNOMASI

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRARISH 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:

Norov Yu.D.

Bosh muharrir o'rinbosari:

Sharafutdinov U.Z.

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), Bekmurzaev B. B. (O'zbekiston), Gulyamov B.V. (O'zbekiston), Muhiddinov B.F. (O'zbekiston), Zairov Sh.Sh. (O'zbekiston), Misliboev I.T. (O'zbekiston), Mahmudov A.M. (O'zbekiston), Mustakimov O.M. (O'zbekiston), Petrosov Yu.E. (O'zbekiston), Raimjanov B.R. (O'zbekiston), Sayidkosimov S.S. (O'zbekiston), Sagdieva M.G. (O'zbekiston), Sanaqulov K.S. (O'zbekiston), Snitka N.P. (O'zbekiston), Turesebekov A.X. (O'zbekiston), Umarov F.Ya. (O'zbekiston), Ergashev U.A. (O'zbekiston), Yusuphodjaev A.A. (O'zbekiston), Yoqubov M.M. (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 03.03.2020 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-испытательский институт геотехнологии и цветной металлургии ГУП «O'ZGEORANGMETLITI»

При финансовой поддержке:

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

Главный редактор:

Норов Ю.Д.

Зам. главного редактора:

Шарафутдинов У.З.

Технический и художественный редактор:

Содицова Ю.З.

Редакционный совет: Белин В.А. (Россия), Воробьев А.Г. (Россия), Воробьев А.Е. (Казахстан), Дементьев 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), Бекмурзаев Б.Б. (Узбекистан), Гулямов Б.В. (Узбекистан), Мухиддинов Б.Ф. (Узбекистан), Заиров Ш.Ш. (Узбекистан), Мислибоев И.Т. (Узбекистан), Махмудов А.М. (Узбекистан), Мустакимов О.М. (Узбекистан), Петросов Ю.Э. (Узбекистан), Раимжанов Б.Р. (Узбекистан), Сайидкосимов С.С. (Узбекистан), Сагдиева М.Г. (Узбекистан), Санакулов К.С. (Узбекистан), Снитка Н.П. (Узбекистан), Турсебеков А.Х. (Узбекистан), Умаров Ф.Я. (Узбекистан), Эргашев У.А. (Узбекистан), Юсупходжаев А.А. (Узбекистан), Якубов М.М. (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:

Содицова 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 03.03.2020 г.

Формат А3. Тираж 250 экз.

© Горный вестник Узбекистана 2020

ISSN 2181-7383



4 780010 201661 1

GEOTEKNOLOGIYA / GEOTEKNOLOGIYA

Мирбобоев Ш.Ж., Разыков З.А., Сохошко С.К. Анализ обводнения залежи нефтегазоконденсатного месторождения Бештентяк 4

GEOLOGIYA / GEOLOGIYA

Хакимов Ш.И., Таджиев Ш.Т., Кобилев О.С., Гиязов О.М. Обоснование высоты этажа при разработке крутопадающих жильных месторождений 7

Воробьев А.Е., Насиров У. Ф., Воробьев К.А. Выявленные наноформы золота в геогенном и техногенном минеральном сырье 10

Тураев А.С., Жиянов А.Б., Буриев Ш.У. Исследование влияния отношения высоты образца к его диаметру на прочностные и деформационные свойства горных пород 18

Максудов С.Х., Туйчиев А.И., Юсупов В.Р., Ядигаров Э.М. Результаты высокоточной магниторазведки на территории восточного Букантау 21

Карабаев М.С., Оролов А.К., Амиров Э.М., Садиров Р.М. Оқозор интрузиви тоғ жинсларининг петрографик хусусиятлари (Зиёуддин тоғлари, ғарбий Ўзбекистон) 24

Пирназаров М.М., Марипова С.Т., Хошжанова К.К., Аширов М.Б. Геологические формации и рудоносность Зирабулак-Зиаэтдинского горнорудного района 28

Захаров А.Ю., Ерофеева Н.В. Принудительная сегрегация насыпного груза по крупности на конвейерной ленте 34

Курбанов А.А., Рашидова Р.К., Алиев Т.Б., Хасанова Н.А. Сравнительный анализ физико-химических свойств базальтовых пород для выбора критерий при выпуске разнообразной продукции 38

BOYITISH VA METALLURGIYA / ОБОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Усманов Р.И., К вопросу вскрытия золота из особо упорных сульфидных золотомышьяковых руд на месте его естественного залегания резонансным воздействием ВЧ ЭМВ 41

Назаров Х.М., Осими Окил. Анодное растворение сплава АК12М2, легированных сурьмой в водных растворах хлорида натрия 47

Тилабов Б.К., Нормуродов У.Э. Твердость и микротвердость твердосплавных покрытий до и после термической обработки 49

ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Санакулов К., Фузайлов О.У., Кенбаева Ж.А. Микроволновая обработка сульфидных золотосодержащих концентратов 53

Эшкабилов Х.К., Эшкабилов О.Х. Упрочнение инструментов из быстрорежущих сталей комбинированным способом газового азотирования с последующим пароксидированием 57

Абдуллаев К.С., Бободустов З.М., Улугов Г.Д., Жумаев А.А. Влияние термической обработки на структуру износостойких чугунов 63

Заиров Ш.Ш., Худайбердиев О.Ж., Норматова М.Ж., Номдоргов Р.У. Исследование и математическое моделирование параметров забойки в скважинных зарядах взрывчатых веществ 66

Норов Ю.Д., Тошев О.Э. Теоретические исследования зоны ослабления прочности горного массива при взрыве скважинных зарядов взрывчатых веществ 74

Тошов Ж.Б., Тошниёзов Л.Г., Каримов М.И. Применение систем автоматизированного проектирования при разработке породоразрушающих инструментов 77

Мислибоев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Исследование условий функционирования одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах ... 80

Адылов Д.К., Ахмедов Р.К., Черниченко Н.И., Турсунов А.С. Опыт – лабораторные испытания местного универсального пенообразователя UGK при флотационном обогащении графитовых руд 84

Эрназаров М.Т., Рашидов Х.К., Нуралиев У.М., Тулаганов С.А. Исследование сорбции благородных и цветных металлов из сбросных растворов гидрометаллургических заводов 88

Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И. Исследования по очистке сточных вод медного и цинкового производства озоном 90

Мухиддинов Б.Ф., Мустакимов О.М., Вапоев Х.М. Карьерларнинг автомобил йўлларидидаги чанглари бостириш учун препаратлар яратиш ва уларнинг хоссаларини тадқиқоти 96

Жураев Ш.Т., Ибадуллаев А.С., Мухиддинов Б.Ф., Кахаров Б.Б. Исследование технологических свойств резиновых смесей, наполненных углеродсодержащим материалом 100

Худояров Т.У., Содиков И.Ю. Перспективы развития закладочных работ на подземных рудниках 103

ELEKTROENERGETIKA/ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Алимходжаев К.Т., Зохидов О.У., Бобокулов А.Н. Микро ГРЭСларда асинхрон генераторни тармоққа улаб ишлатиш имкониятлари..... 106

Пак Ч., Холбоев Г.О., Нарзуллаев Б.Ш., Расулова Б.И. Nanomaterials and nanotechnologies in photo-energy..... 109

Баранова М.П., Каршибаев А.И., Рахмонов Ф. Н., Хамидов А.А. Снижение интенсивности образования наледи на линиях электропередач высокого напряжения, путем нанесения супергидрофобного покрытия 111

IQTISODIYOT/ЭКОНОМИКА

Рузиев Н.Р. Особенности формирования инвестиционной программы на 2020-2022 гг. по ГП «НГМК» 116

YUBILEY / ЮБИЛЕЙ

Раимжанов Бахадиржан Раимжанович 70 лет 120

REKLAMA / РЕКЛАМА

На обложке:

«Normet international LTD»

«Epiroc»

В тексте ПО «НМЗ»

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: **Norov Yu.D.**

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

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), **Bekmurzaev B.B.** (Uzbek Scientific Research and Design and Survey Institute of Geology and Nonferrous Metallurgy "Uzgeorangmetiliti", Uzbekistan), **Gulyamov B.V.** (State Committee for Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan), **Zairov Sh.Sh.** (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), **Petrosov Yu.E.** (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), **Raimzhanov B.R.** (State Unitary Enterprise "Uzbek Scientific Research and Design and Survey Institute of Geology and Nonferrous Metallurgy "Uzgeorgantmetili", Uzbekistan), **Sayidkosimov S.S.** (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), **Sagdieva M.G.** (State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Uzbekistan), **Sanakulov K.S.** (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), **Snitka N.P.** (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), **Turesbekov A.Kh.** (Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M.Abdullaev, Uzbekistan), **Umarov F.Ya.** (Almalyk branch of NUST "MISIS", Uzbekistan), **Ergashev U.A.** (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), **Yusuphodzhaev A.A.** (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), **Yakubov M.M.** (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 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>

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

Tel. +99879 227-75-56

CONTENTS

GEOTECHNOLOGY

Mirboboev Sh.Zh., Razykov Z.A., Sokhoshko. S.K. Beshtentyak oil and gas-condensate field water analysis..... 4

GEOLOGY

Khakimov Sh.I., Tajiev Sh.T., Kobilov O.S., Giyazov O.M. Substantiation of the height of the floor when developing steeply dwelling vein deposits 7

Vorobyov A.E., Nasirov U.F., Vorobyev K.A. Identified gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials 10

Turaev A.S., Zhiyanov A.B., Buriev Sh.U. Study of the influence of the relationship of the height of the sample to its diameter on strength and deformation rock properties 18

Maksudov S.Kh., Tuychiev A.I., Yusupov V.R., Yadigarov E.M. Results of high-precision magnetic prospecting in the territory of eastern Bukantau..... 21

Karabaev M.S., Orolov A.K., Amirov E.M., Sadirov R.M. Petrographic features of rocks of the Akmazar intrusive (Ziaetdin mountains, west Uzbekistan)..... 24

Pirnazarov M.M., Maripova S.T., Khoshzhanova K.K., Ashirov M.B. Geological formations and ore bearing of Zirabulak-Ziaetdin mining area 28

Zakharov A.Yu., Erofeeva N.V. Forced large load loads by conveyor belt 34

Kurbanov A.A., Rashidova R.K., Aliev T.B., Khasanova N.A. Comparative analysis of the physical and chemical properties of basalt rocks for the selection of criteria for the release of various products 38

MINERAL PROCESSING

Usmanov R.I. К вопросу в крытия золота из особо up the sulphide of zolotomyslyakovy rud on the meste ego estestvennogo zaleganiya resonance nymph electromagnetic voltage 41

Nazarov H.M., Osimi Okil. Anodic dissolution of alloy AK12M2 doped by antimony in aqueous solutions of sodium chloride 47

Tilabov B.K., Normurodov U.E Hardness and microhardness of carbide coatings before and after heat treatment. 49

SCIENTIFIC AND LABORATORY RESEARCH

Sanakulov K., Fuzailov O.U., Kenbaeva Zh.A. Microwave treatment of a refractory gold concentrate 53

Eshkabilov Kh.K., Eshkabilov O.Kh. Hardening of cutting tools from high-speed steels by the combined method of gaz nitriding followed by steam oxidation 57

Abdullaev K.S., Bobodustov Z.M., Ulugov G.D., Zhumaev A.A. Influence of thermal treatment on structure of wear-resistant cast iron..... 63

Zairov S.Sh., Khudaiberdiev O.Zh., Normatova M.Zh., Nomdorov R.U. Research and mathematical modeling of stopping parameters in borehole explosive charges 66

Norov Yu.D., Toshev O.E. Theoretical researches of the relaxation web wear zone during the explosion of borehole charges of explosives 74

Toshov Zh.B., Toshniyozov L.G., Karimov M.I. Influence of thermal treatment on structure of wear-resistant cast iron 77

Misliboev I.T., Makhmudov A.M., Makhmudov Sh.A. Research of conditions for functioning single buckage career excavators of cyclic action on difficult-structural deep careers 80

Kholikulov D.B., Normurotov R.I. Research on waste water treatment of copper and zinc ozone production 90

Juraev Sh.T., Ibadullaev A.C., Mukhiddinov B.F., Kaxarov B.B. Research technological properties of rubber mixtures filled with carbon-containing materials 100

Khudoyarov T.U., Sodikov I.Yu. Prospects for the development of mortgage works in underground mines 103

ELECTRICAL ENGINEERING

Alimkhodzhaev K.T., Zokhidov O.U., Bobokulov A.N. Network generator of micro-hydroelectric power station 106

Pak Ch., Xolboev G.O., Narzullaev B.Sh., Rasulova B.I. Nanomaterials and nanotechnologies in photo-energy 109

Baranova M.P., Karshibaev A.I., Rakhmonov F.N., Khamidov A.A. Superhydrophobes in the way of warning for the free on the forecast 111

АНАЛИЗ ОБВОДНЕНИЯ ЗАЛЕЖИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕШТЕНТЯК

Maqolada Beshtyanak neft va gaz kondensati konining botqoqlanishi va rivojlanish dinamikasi tahlili keltirilgan.

Natijada quduqlarni to'plangan neft va suyuqlik olish orqali taqsimlash, ushbu sohadagi quduqlarning suvda namoyon bo'lish davrlari, shuningdek, neft va gaz kontsentratsiyasi va suv ta'minotidagi o'zgarishlar aniqlandi.

Beshtentyak neft va gaz kondensat konlaridagi gaz va gaz kondensat quduqlarining keyingi ishi taxmin qilinmoqda.

Tayanch iboralar: qazib olish, gaz kondensati, suvning paydo bo'lishi, konlarni botqoqlanishi, baholash, neft va gaz kontsentratsiyasining o'zgarishi.

V статье приведены анализ обводнения залежи и динамика разработки нефтегазоконденсатного месторождения Бештентяк.

V результате, определены распределения скважин по накопленным отборам нефти и жидкости, периоды водопроявлений скважин данного месторождения и изменения ВНК и ГВК.

Оценены дальнейшее работы газовых и газоконденсатных скважины на нефтегазоконденсатные месторождения Бештентяк.

Ключевые слова: разработка, газоконденсатная, водопроявления, обводнения залежи, оценка, изменения ВНК.



Мирбобоев Ш. Ж.,
ассистент кафедры ГИНГД,
Горно-металлургического
института Таджикистана



Разыков З. А.,
академик международной
инженерной академии
Горно-металлургический
институт Таджикистана
д.т.н. профессор



Сохошко С. К.,
академик РАЕН кафедра
РЭНГМ Тюменский индустри-
альный университет
д.т.н. профессор

Нефтегазоконденсатное месторождение Бештентяк находится в северо-восточной части Афгано-Таджикской впадины в междуречье рек Кызылсу и Яхсу.

Административно оно принадлежит Больджуанскому и Ховалингскому районам Хатлонской области Республики Таджикистан. Месторождение расположено в 154 км к юго-востоку от г. Душанбе и в 3-х км восточнее поселка Больджуан [1].

С 1973 года параллельно с поисковым, проводится и разведочное бурение скважин с целью уточнения размеров бухарских залежей, выявления газодональных контактов (ГВК), оконтуривания залежей для подсчета запасов по категории С₁. Также проводятся разведочные работы одновременно по северной и южной части месторождения.

За всю историю разработки месторождения, на нём неоднократно проводились мероприятия по регулированию процесса разработки, конечной целью которых являлось достижение увеличения производительности обводнённых скважин (табл.1).

Активный упруговодонапорный режим разработки I и II залежи месторождения предопределяет необходимость систематического контроля за внедрением подошвенных вод в газовую часть залежи.

Так, с целью увеличения добычи из газовых скважин применялись различные способы эксплуатации, в результате чего происходило поступление пластовой воды в газовую часть залежи. Это изменило условие фильтрации в разрабатываемых пластах и, в конечном счете, привело к снижению коэффициента газоотдачи и значительное количество газа были оставлены в недрах.

За последние годы, на фоне возрастающей обводнённости скважин, добыча конденсата и газа на месторождении Бештентяк ведётся стабильно в малых количествах.

Несмотря на это, обводнённость некоторых скважин составляет 90%, а то и все 100%. С учетом этого, среди мероприятий направленных на увеличение добычи газа и конденсата, основная роль отводится работам по ограничению притоков воды к скважинам, а также методам воздействия на призабойную зону скважин.

С начала эксплуатации и до настоящего времени в добыче нефти из пластов объекта участвовало 75 скважин. Средняя добыча нефти и жидкости с начала разработки на одну скважину составила соответственно 9.9 и 14.9 тыс. т. Распределение фонда скважин, участвовавших когда-либо в добыче, по накопленным отборам жидкости приведено в таблице и на рисунке (табл. 2, рис. 1).

Степень обводнённости отбираемой продукции неодинакова на различных участках месторождения. Наиболее высокообводнёнными являются южная (до 90%) и северная (86,4) части залежи II горизонта, причём по отдельным скважинам обводнённость доходит до 98%.

Таблица 1
Динамика разработки нефтегазоконденсатного месторождения Бештентяк

Годы	Действующий фонд скважин	Конденсат тыс.т	Газ, млн.м ³	Вода, тыс.т
1998	3	1,89	8,56	0,65
1999	4	4,08	5,22	1,63
2000	3	4,87	2,116	1,43
2001	7	1,88	1,178	2,91
2002	3	1,33	0,115	2,83
2003	4	0,97	0,153	2,52
2004	3	0,99	0,276	1,43
2005	4	1,67	0,591	0,218
2006	4	2,0	1,276	3,11

Таблица 2
Распределение скважин по накопленным отборам нефти и жидкости

Дебит нефти, м ³ /сут	Обводненность, %						Всего	%
	0-2	2-20	20-50	50-90	90-95	>95		
0-5	1	4	8	9	1	19	42	56
5-20	0	4	6	3	0	7	20	27
20-50	0	1	2	2	0	2	7	9
50-100	0	0	2	2	0	2	6	8
Всего	1	9	18	16	1	30	75	
%	1,33	12	24	21,33	1,33	40		100

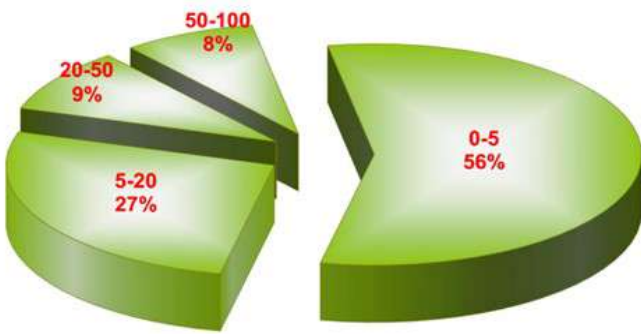


Рис.1. Распределение скважин по накопленным отборам нефти и жидкости

В качестве примера можно привести работу скважины № 85, которая работала в интервале 1910-1900 м (абсолютная отметка минус 762 м – минус 752 м), при этом нижнее отверстие интервала перфорации находится на 18 м выше первоначально определённого положения газонефтяного контакта ГНК (-780 м), что обеспечивало длительную работу скважины газом и конденсатом без признаков пластовой воды. В 1994 году в продукции скважины появилось небольшое количество пресной воды, видимо, прорвавшейся в зону дренирования из очага, образовавшегося при закачке речной воды в скважину № 21. Затем, скважина помимо газа стала давать значительное количество конденсата – 7,6 т/сут на штуцере 6 мм (май 1997 г). Таким образом, было создано условие для подъёма поверхности контакта газ – конденсат и затягивания её в депрессионную воронку, что, видимо, и произошло в настоящее время. Подъём поверхности ГНК в зоне действия скважины № 85 ускорятся и при чрезвычайно малых отборах не только по блоку, в котором эксплуатируется скважина № 85, но и при чрезвычайно низких отборах конденсата по месторождению в целом.

При бурении новых скважин для освоения газовой шапки были учтены эти абсолютные отметки.

В настоящее время наиболее подходящими для добычи газа являются скважины №№ 87 и 86, пробуренные на расстоянии соответственно 380 м и 250 м к югу от скважины № 85. Предпочтение следует отдать скважине № 87, как наиболее удалённой от скважины № 85 и испытывающей меньшую интерференцию от последней.

В скважине № 86 при перфорации объекта в интервале 2026 – 2020 м и приобщении интервала 2017 – 2015 м был получен приток конденсата дебитом 1,51 т/сут, газа 68 м³/сут, пластовой воды 6,2 т/сут. При испытании интервала 1812 – 1820 м объект оказался «сухим», что не является показателем его бесперспективности. Кроме них, также имеются ещё два объекта, приуроченные к верхней части II горизонта и I горизонта бухарских слоёв.

В данном исследовании, авторы пытались прогнозировать водопоявление в залежах месторождения с использованием диаграммы годовой добычи и процента обводнения (с 1973 до 2012 гг.) призабойных зон скважин. Диаграмма разделена на 5 периодов. Первый - безводный период; второй - низководный период; третий - средневодный период; четвёртый - водный период и пятый - высоководный период.

В первый период эксплуатации месторождения (1973 – 1975 гг.), средняя добыча конденсата составила 18.13 тыс. т, газа 1,48 млн. м³, а средняя обводненность была 3%. Показатели остальных периодов представлены в табл.3.

Из таблицы видно, что несмотря на уменьшение добычи продукции, в последние периоды обводненность призабойной зоны скважин резко увеличивается.

Кроме того, невыполнение минимально необходимых исследовательских работ в скважинах, отсутствии контроля за правильностью эксплуатации газовых залежей, привела к потере управляемости процесса разработки месторождения, и в настоящее время невозможно с достаточной точностью прогнозировать состав ожидаемого притока флюида по большинству скважин. Такое положение, в свою очередь, приводит к трудностям выбора капитального ремонта скважин для перевода на вышележащие залежи.

Несмотря на имеющиеся трудности, связанные с анализом показателей разработки месторождения, для проведения мероприятий по

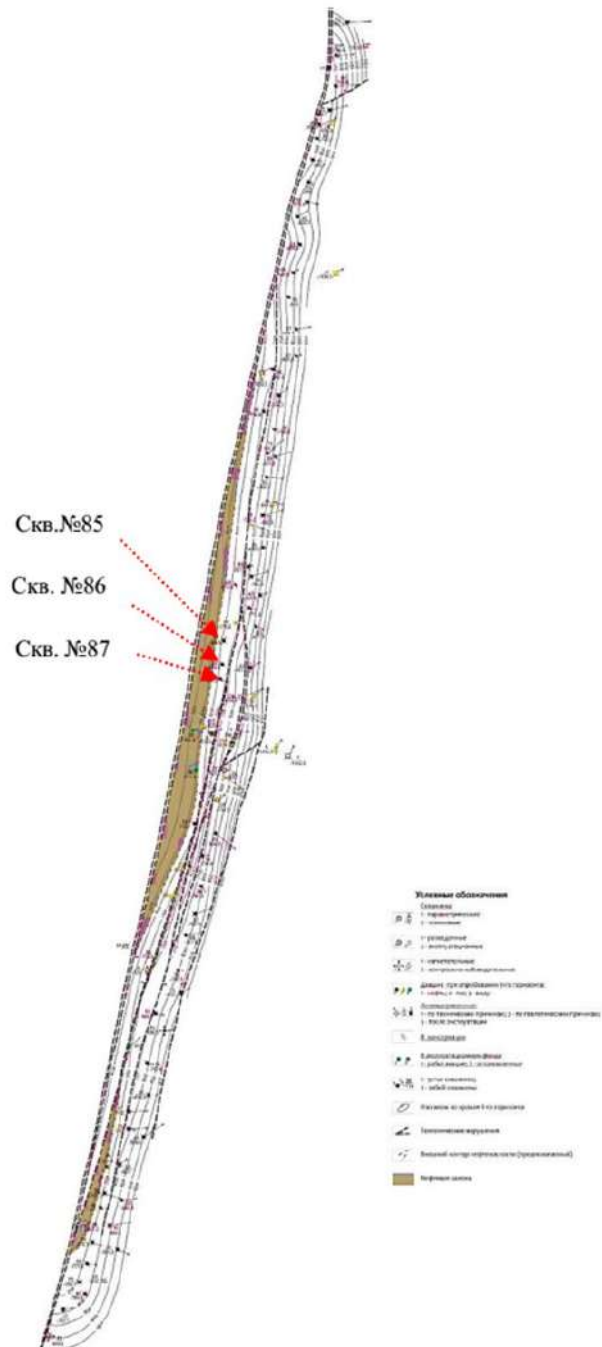


Рис.2. Структурная карта месторождения Бешкентяк

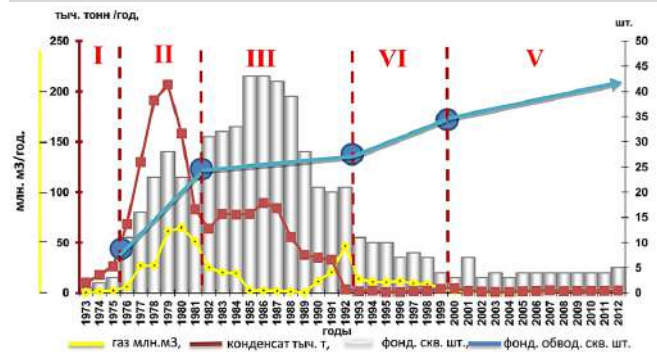


Рис.3. Периоды водопоявления скважин месторождения Бешкентяк

оптимизации процесса эксплуатации, были использованы накопленные геологические, геофизические и промысловые материалы соседних скважин.

Показатели работы месторождения Бештентяк (с 1973 до 2012 гг.)

№	Период	Длительность (год)	Среднее значение			
			Конденсат тыс. т	Газ млн. м ³	Фонд скв. шт.	Обводнёность скв. %
1	I	3	18,15	1,48	2	3
2	II	6	139,45	37,73	20,66	14
3	III	11	57,88	13,9	33,54	19
4	IV	7	1,88	10,15	8,14	22
5	V	13	2,37	1,41	4,07	42

Анализы данных скважин показали, что месторождение находится на поздней стадии разработки и 91,2% из них обводнились.

Для увеличения добычи продукции, необходимо выполнение исследовательских работ по изучению изменения ВНК и

ГВК с привлечением квалифицированных специалистов, применением современной техники, а также использованием современных технологий по изоляции и удалению жидкости из газовых скважин.

Библиографический список:

1. Мирбобоев Ш. Ж. «Пути увеличения добычи продуктов на месторождении «Бештентяк» республики Таджикистан» Программа Тюменского международного инновационного форума «НЕФТЬГАЗТЭК» г. Тюмень, 17-18 сентября 2013 г. С. 154-157.
2. Мирбобоев Ш. Ж. Разыков, З. А. Мутавадиев. Ш. Т. «Сравнительный анализ свойств вязких парафинистых нефтей России и Таджикистана» ВестникТаджикского национального университета (Научный журнал) Серия естественных наук, 2015 г. С. 93-97.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 4-6

BESHTENTYAK OIL AND GAS-CONDENSATE FIELD WATER ANALYSIS

¹Mirboboev Sh.Zh., Assistant of the Department of Mining

¹Razykov Z.A., Academician of the International Academy of Engineering, Doctor of Technical Sciences Professor

²Sokhoshko S.K., academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Department "Development and operation of oil and gas fields" Doctor of Technical Sciences

¹Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan, Buston, Tajikistan

²Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Abstract

The article deals with the analysis of waterlogging and development dynamics oil and gas condensate field Beshtentyak.

As a result, have been determined the distribution of wells by the accumulated oil and liquid withdrawals, the periods of water manifestations of the wells in this field, and the changes in the oil-and-gas concentration and water supply.

The further work of gas and gas condensate wells is estimated at the Beshtentyak oil and gas condensate field.

Keywords: exploitation gas condensate, water occurrences, waterlogging of deposits, assessment, changes in OWC and GWC.

References

1. Mirboboev Sh. Zh. "Ways to increase production of products at the Beshtentyak field in the Republic of Tajikistan" Program of the Tyumen International Innovation Forum "NEFTGAZTEK" Tyumen, September 17-18, 2013, pp. 154-157.
2. Mirboboev S. Zh. Razykov, Z. A. Mutavaliev. PCS. "A Comparative Analysis of the Properties of Viscous Paraffin Oils in Russia and Tajikistan" at the E TSTI of the Tajik National University (Scientific Journal) Series of Natural Sciences, 2015, pp. 93-97.



СТАНОК ТОКАРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
С СИСТЕМОЙ ЧПУ МОДЕЛИ

NT-250-01

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

ОБОСНОВАНИЕ ВЫСОТЫ ЭТАЖА ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ ЖИЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Хакимов Ш.И.,
доцент кафедры "Горное дело"
НГГИ, к.т.н.



Таджиев Ш.Т.,
старший преподаватель
кафедры "Горное дело", НГГИ



Кобилов О.С.,
старший преподаватель
кафедры "Горное дело", НГГИ



Гиязов О.М.,
старший преподаватель
кафедры "Горное дело", НГГИ

Maqolada tik qiya joylashgan, tomirli konlarni yer osti usulida qazib olish ishlarida qavatning balandligining konni ochish-tayyorlash va transport solishtirma xarajatlariga ta'siri kon sharoiti, konni ochish-tayyorlash texnologik sxemalarning ko'rsatkichlari bilan o'zaro bog'liq holda tadqiq qilingan. Qavatning balandligini iqtisodiy baholash bo'yicha, dinamik masalalarni yechish bo'yicha yaratilgan uslub kompyuter dasturi va grafikasiga asoslangan tadqiqot natijasi keltirilgan.

Tayanch iboralar: *tik qiya joylashgan tomirli konlar, qavat, shaxta gorizonti, konni magazinlab qazish tizimi, «qisqa magazinlar», madanni qavatchalardan maydalash, qazishdan bo'shagan maydonni to'ldirish, o'ziyurar texnikalar, shaxtaning unumdorligi, qavatni ochish va tayyorlash vaqti, balans zaxira birligiga keltirilgan solishtirma eng kam sarf xarajat, kon-kapital va tayyorlash ishlari, madanni tushirish va ko'tarish.*

В статье приведены результаты исследования закономерности изменения суммарных удельных затрат на горнопроходческие и транспортные работы при увеличении высоты этажа, во взаимной связи условий и параметров технологических схем вскрытия и подготовки рабочего горизонта. Приведена методика для выбора высоты этажа, основанная на использовании компьютерной программы и графики в решении динамических задач по экономической оценке различных технологических схем, которые обусловлены условиями залегания месторождения.

Ключевые слова: *крутопадающее жильное месторождение, этаж, горизонт шахты, система разработки с магазинированием руды, «короткие магазины», подэтажная отбойка руды, закладка выработанного пространства, самоходная техника, производительность шахты, время вскрытия и подготовки этажа, минимум приведенных удельных затрат на единицу балансовых запасов, горно-капитальные и подготовительные работы, выпуск и подъем руды.*

Известно, что подземная разработка крутопадающих месторождений осуществляется послойно, этажами. При этом высота этажей в шахтах, разрабатывающие жильные месторождения цветных металлов составит 30-60 м. [1,2,3,4]. Имеются случаи разработки руды в шахтах, этажами высотой 80-100 м и более (США, Канада, ЮАР).

С целью совершенствования подземных работ и снижения капитальных затрат, учеными многократно отмечались о целесообразности вскрытия этажами 80-100 м. Проведенные исследования некоторыми институтами (для систем с магазинированием), давали на этот счет обнадеживающие результаты. Однако ученые и проектировщики подходили к этому вопросу с осторожностью, опасаясь того, что увеличение высоты этажа при неустойчивых массивах вызовет разубоживание руды, сдвигание рудной массы и смешивание массива, повлекшие за собой затруднение выпуска руды. В настоящее время эти факторы достаточно исследованы [5] и применяемые в этих условиях системы разработки совершенствованы.

Отработку маломощных крутопадающих рудных тел производят системами разработки: с магазинированием руды, в том числе с делением блока на «короткие магазины»; магазинированием отбитой руды и сооружением «породных ларей», креплением и закладкой очистного пространства. Известны и другие усовершенствованные варианты систем, пригодные для условий повышенного горного давления.

Современная технология выемки жил, преимущественно схема подэтажной отбойки руды, отбойки с закладкой очистного пространства и комбинированные варианты различных схем с применением самоходной техники обеспечивают интенсификацию горных работ [6] и позволяют в достаточном уровне, даже в условиях повышенного горного давления, управлять осложняющими факторами добычи.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о возможности увеличения высоты этажа и вследствие повышения эффективности подземной разработки жильных месторождений.

В практике проектирования подземных горных работ, высота этажа определяется факторами возможной производительности шахты и продвижению очистных работ по простиранию, по времени вскрытия и подготовки этажа, по минимуму затрат на 1 т добычи [1;7].

Методики определения высоты этажа, основанные на производительности шахты, продвижении очистных работ и на времени вскрытия и подготовки этажа не учитывают экономического результата. Поэтому для расчетов целесообразно использовать методику, требующую минимум приведенных затрат на 1 т балансовых запасов. Однако, и эта методика пригодна к определению высоты этажа, при неизменных значениях расходов средств.

В условиях постоянного изменения стоимости горнотранспортного оборудования, материалов и энергии, а также совершенствования технологии проходки горных выработок и схемы подъема, общие расходы средств меняются, что требует решения многовариантных динамических задач. Для таких случаев необходимо разработать методику определения высоты этажа, основанную на поиске минимальных приведенных удельных затрат, что и является целью данного исследования.

Удельные затраты средств в общем случае выражается в виде:

$$Z_{уд.} = \frac{\sum Z_{mn}}{P_3}; \frac{сум}{тн} \rightarrow \min \quad (1)$$

где $\sum Z_{mn}$ — сумма затрат на горнопроходческие работы и подъем руды

$$\sum Z_{mn} = \sum Z_{гпр} + Z_{пр} \quad (2)$$

$\sum Z_{гпр}$ — затраты на горнопроходческие работы

$$\sum Z_{гпр} = V_{nn} + c_{nn} + V_{pc} * c_{pc} + V_{kb} * c_{kb} + V_{штр} * c_{штр} + V_{орт} * c_{орт}, сум \quad (3)$$

где V_{nn} ; V_{pc} ; V_{kb} ; $V_{штр}$; $V_{орт}$ — объемы проходки перегрузочного пункта,

рудоспуска, квершлага, штреков и ортов в этаже, соответственно, M^3 ;

C_{np} , $C_{рс}$, $C_{скв}$, $C_{штр}$, $C_{орт}$ – стоимость проходки 1 $лм.$, перегрузочного пункта, рудоспуска, квершлага, штреков и ортов в этаже, соответственно, $сум/лм^3$;

Удельные затраты на подъем одной тонны руды на уровне этажа

$$Z_{np} = \frac{\sum C_{np}}{e_{mp}}; сум/т \quad (4)$$

где $\sum C_{np}$ -затраты на подъем руды

$$\sum C_{np} = Z_a + Z_{p.e} + Z_{m.z} + Z_{z.n} + Z_{a.ш}; сум/т \quad (5)$$

Z_a ; $Z_{p.e}$; $Z_{m.z}$; $Z_{z.n}$; $Z_{a.ш}$; -соответственно, затраты на: амортизация машин, ремонт и восстановление, топливо и ГСМ, заработная плата и автошины, $сум/т$.

P_z -извлекаемые запасы из этажа, $т$.

$$P_z = L_z * H_z * m * \gamma * \eta * \frac{1}{(1-\rho)}; м \quad (6)$$

L_z - длина рудного тела, $м$;

H_z - высота этажа, $м$;

m - мощность рудного тела (рудных тел), $м$;

γ - объемный вес руды; $т/лм^3$;

η - коэффициент добычи руды;

ρ - коэффициент разубоживания руды.

Таким образом, в соответствии с изложенной выше методикой, разработаны компьютерной программой "Microsoft Excel" и определены удельные затраты при различных значениях высоты этажа (от 40 до 320 $м$), мощности руды (от 2 до 8 $м$). Извлекаемые запасы руды из выемочного этажа определены условно с учетом эксплуатационных потерь (5%) и разубоживания (20%).

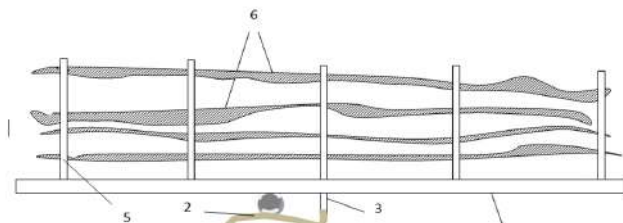


Рис.1. Схема вскрытия рабочего горизонта, принятая для расчета затрат на горно-капитальные работы: 1-наклонно-транспортный съезд; 2-перегрузочный узел с рудоспусками и вибропитателями; 3-главный квершлаг; 4-главный доставочный штрек; 5-короткие квершлаг; 6-рудные тела

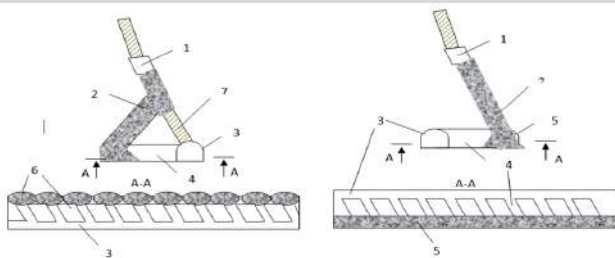


Рис.2. Способы оформления дна блока, принятых для расчета затрат на горно-подготовительные работы: 1-очистная выработка; 2-отбитая руда; 3-полевой откаточный штрек; 4-погрузочные орты; 5-штрек подсежки; 6-выпускные воронки (дучки); 7-временный надштрековый целик

Объемы горно-капитальных и подготовительных работ рабочего горизонта (этажа) для расчетов определены по схемам, иллюстрируемые на рис. 1, 2. Сечения выработки определены в соответствии с параметрами самоходных машин и транспорта - НТС - 20 $м^2$; квершлага, штрека и ортов - 9,8 $м^2$.

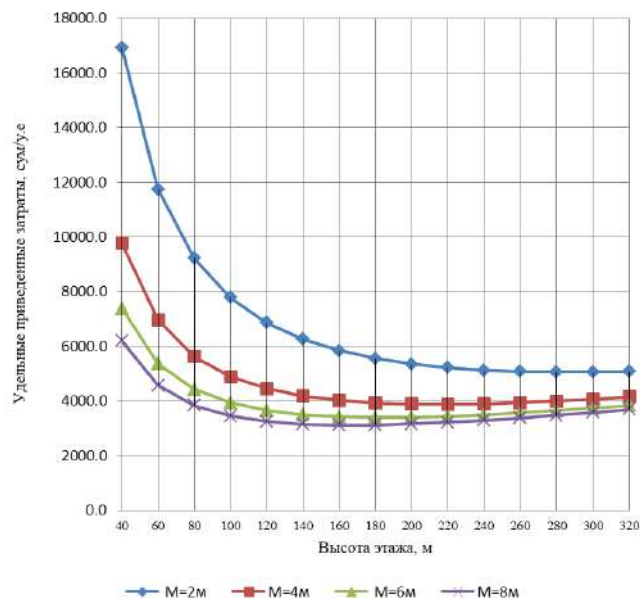


Рис.3. График изменения удельных приведенных затрат в зависимости от высоты этажа при различных суммарных мощностях (м) рудных тел

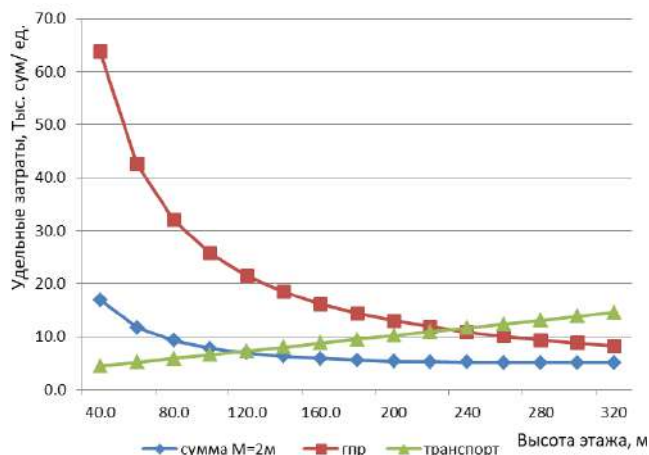


Рис.4. График изменения приведенных удельных затрат на горнопроходческие работы и транспорта в зависимости от высоты этажа, при мощности рудного тела 2 м

Полученные результаты сведены в графики, представленные на рис. 3, 4.

Так график показывает, что с увеличением высоты этажа, удельные затраты сначала снижаются и затем повышаются с одинаковой закономерностью при разных суммарных мощностях руды, но при этом темп снижения затрат намного больше, чем темп повышения. Это объясняется тем, что доля транспортных затрат намного ниже, чем затраты горнопроходческих работ и прямолинейно увеличиваются с увеличением высоты этажа (рис.4).

Таким образом, разработана методика выбора высоты этажа, основанная на использовании компьютерной программы и графиков в решении динамических задач, по экономической оценке, различных технологических схем разработки этажами, которые обусловлены условиями залегания месторождения.

Выполненные расчеты и графики показывают, что минимум суммарных удельных затрат на горнопроходческие работы и подъема руды достигается при высоте этажей 160 – 300 $м$ в зависимости от мощности рудных тел. Это говорит о широком диапазоне возможностей увеличения высоты этажей и экономии средств, при разработке крутопадающих месторождений с внедрением современной технологии.

Библиографический список:

1. Агошков М.И. Разработка рудных и нерудных месторождений, 3-е изд., перераб. — М.: Недра, 1983. — 424 с.
2. А. Н. Панкратенко. Технология строительства выработок большого поперечного сечения. М., Изд. «Горная книга», 2017. 268 с.
- 3.А.М. Терпигорев, Р.П. Капланов, Е.Ф. Маскальков и др. Справочник по горнорудному делу. Том – I, II. Подземные работы. М., 1961, 324 с.
4. А.Ф. Назарчик, И.А. Олейников, Г.И. Богданов. Разработка жильных месторождений. М., «Недра», 1977, 424 с.
5. А.И. Ляхов. Технология разработки жильных месторождений, М., «Недра», 1984, 326 с.
- 6.А.О. Баранов. Проектирование технологических схем и процессов подземной добычи руд. Посвящено вопросам управления горным давлением. Справочное пособие. М., «Недра», 1993. - 283 с.
- 7.Г.Г. Милехин. Вскрытие и подготовка рудных месторождений. Учеб. пособие. Г. Мурманск; Изд-во МГТУ, 2004. 113 с.
- 8.Гребенюк В.А., Пыжьянова Я.С., Ерофеева И.Е. Справочник по горнорудному делу. М.: Недра, 1983. -816 с.
- 9.Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р. Самообрушение руды при подземной добыче, Учебное пособие. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. - 283 с.
- 10.6. Л.А.Шелест. К вопросу реконструкции рудников разрабатывающих жильные месторождения. "Сборник трудов совещания по вопросам изыскания эффективных способов разработки жильных месторождений" (г.Иркутск, 1964).
- 11.Иванов В.Г., Култышев В.И. и др. Оптимизация разработки сложноструктурных урановых месторождений, М.: Горная книга, 2007. — 265 с.
- 12.Шестаков В.А. Проектирование горных предприятий, Учебник для студентов, 3-е изд. — Москва: Изд. МГГУ, 2003. — 795 с.
13. Ю. Г. Скорняков. Системы разработки и комплексы самоходных машин при подземной добыче руд. М., «Недра», 1978, 326 с.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 7-9

SUBSTANTIATION OF THE HEIGHT OF THE FLOOR WHEN DEVELOPING STEEPLY DWELLING VEIN DEPOSITS

¹Khakimov Sh.I., Assistant Professor, Candidate of Technical Sciences, Department of Mining, sh_hakimov@mail.ru¹Tadjiev Sh.T., Senior Lecturer, Department of Mining, sh_tadjiev@mail.ru¹Kobilov O.S., Senior Lecturer, Department of Mining, kobilov_o@mail.ru¹Giyazov O.M., Senior Lecturer, Department of Mining, o_giyazov@gmail.ru¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan**Abstract:**

The article presents the results of a study of patterns of change in total unit costs in mining and transportation work with increasing floor height, in mutual conjunction with the conditions and parameters of technological schemes of opening and preparation of the working horizon. The method for selecting the height of the floor based on the use of computer programs and graphics to the solution of dynamic problems in economic assessment of different technological schemes, which are due to the conditions of occurrence of deposits.

Keywords: steeply dipping vein deposits, the floor of the pit, the development system of ore storage, "short stores", sublevel ore blasting, laying-out space, self-propelled machines, the performance of the mine, the time of autopsy and preparation of the floor, at least given the cost of units balance reserves, mining capital and preparatory work, production and hoisting ore.

References

1. Agoshkov M.I. Development of ore and non-metallic deposits, 3rd ed., Revised. - M.: Nedra, 1983.- 424 p.
2. A. N. Pankratenko. Technology for the construction of workings of large cross-section. M., ed. "Mountain Book", 2017. 268 p.
3. А.М. Терпигорев, Р.П. Капланов, Е.Ф. Маскальков et al. Handbook of mining. Volume - I, II. Underground work. M., 1961, 324 p.
4. А.Ф. Назарчик, И.А. Олейников, Г.И. Богданов. Development of vein deposits. M., "Nedra", 1977, 424 p.
5. А.И. Ляхов. The technology of development of vein deposits, M., "Nedra", 1984, 326 p.
6. А.О. Rams. Design of technological schemes and processes of underground ore mining. Dedicated to rock pressure management issues. Reference manual. M., "Nedra", 1993. - 283 p.
7. Г.Г. Milekhin. Opening and preparation of ore deposits. Textbook allowance. G. Murmansk; MSTU Publishing House, 2004. 113 p.
8. Гребенюк В.А., Пыжьянова Я.С., Ерофеева И.Е. Handbook of mining. M.: Nedra, 1983. -816 p.
9. Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р. Ore self-caving during underground mining. Textbook. - M.: Publishing house of the Moscow State Mining University, 2006. - 283 p.
10. Л.А. Shelest. On the issue of reconstruction of mines developing vein deposits. "Collection of proceedings on the issues of finding effective ways to develop vein deposits" (Irkutsk, 1964).
11. Иванов В.Г., Култышев В.И. et al. Optimization of the development of complex structural uranium deposits, M.: Mountain Book, 2007. - 265 p.
12. Шестаков В.А. Mining Enterprise Design, Student Textbook, 3rd ed. - Moscow: Publishing. Moscow State University, 2003.- 795 p.
13. Ю. Г. Skornyakov. Development systems and complexes of self-propelled machines for underground ore mining. M., "The bowels", 1978, 326 p.

ВЫЯВЛЕННЫЕ НАНОФОРМЫ ЗОЛОТА В ГЕОГЕННОМ И ТЕХНОГЕННОМ МИНЕРАЛЬНОМ СЫРЬЕ



Воробьев А.Е.,
проректор по науке и
инновациям Атырауского
университета нефти и газа
Казахстан, д.т.н., профессор



Насиров У.Ф.,
Проректор по науке
Алмалыкский филиал
«НИТУ МИСИС»
д.т.н., профессор



Воробьев К.А.,
аспирант
Российского университета
дружбы народов, Россия

Oltin nano-zarrachalarining asosiy shakllari ko'rib chiqilgan, uning asosiy turlari (kolloid, klaster va boshqalar) batafsil tavsiflangan, boyitish jarayonida yo'qotish omillari tavsiflangan.

Tayanch iboralar: Oltin, nano-zarrachalar, fullerenes, naychalar, konuslar, agregatlar, filmlar, boyitish, yo'qotishlar.

Рассмотрены основные формы наночастиц золота, дана детализация главных его видов (коллоидное, кластерное и т.д.), описаны факторы его потерь при обогащении.

Ключевые слова: золото, наночастицы, фуллерены, трубки, конусы, агрегаты, пленки, обогатимость, потери.

В разведанных к настоящему времени рудных месторождений, содержащееся в их рудах золото может находиться в нескольких видах [1-8]: самородном, минеральном и рассеянном состоянии. Последнее представлено, как правило, субмикроскопическими (коллоидными) частицами или входит в кристаллическую матрицу различных сульфидов и дано в специальной литературе через термин «невидимое» золото [22].

Понятие «невидимое» золото относится к тонкодисперсному золоту, не выявляемому оптическими методами: коллоидальному, кластерному или химически связанному в сульфидах (ИГЕМ, 2007).

«Невидимое» золото (нанозолото) оказалось широко распространено в сульфидах как собственно золоторудных, так и колчеданных, медно-порфировых и медно-никелевых месторождений.

В частности, «невидимое» золото в основном связано с сульфидными рудами, где представлено, как правило, фракцией мелкодисперсного арсениопирита (максимальные содержания золота в игольчатой его разновидности достигают первых килограммов на тонну – например, арсениопирит Майского месторождения «Россия» содержит 690 г/т золота) и тонкозернистого пирита (ИГЕМ, 2007).

Так, по данным мессбауеровской спектроскопии в большинстве золотосульфидных месторождений вкрапленных руд золото находится в арсениопирите в химически связанном виде (в его структуре) или в металлическом состоянии (в виде наночастиц).

Кроме этого, значительное количество наноразмерного золота оказалось сконцентрировано в железо- и свинецсодержащих минералах аллювиальных и техногенных россыпей [10]. Здесь (наряду с традиционными минералами-концентраторами золота) были выявлены и довольно необычные минералы, содержащие золото наноразмерного уровня: рутил, монацит и галенит.

К настоящему времени экспериментально (инструментальными методами) установлено, что доля самородного (крупного, видимого) золота в рудах различных золоторудных месторождений редко превышает 30%, а его основную часть (рис.1) представляет так называемое «невидимое» (ионное и кластерное) золото.

К тому же, в тонкодисперсной массе, покрывающей значительную часть поверхности обычных (видимых) золотин, были обнаружены многочисленные выделения новообразованного золота, размером от 3 мкм до 100—150 нм [13].

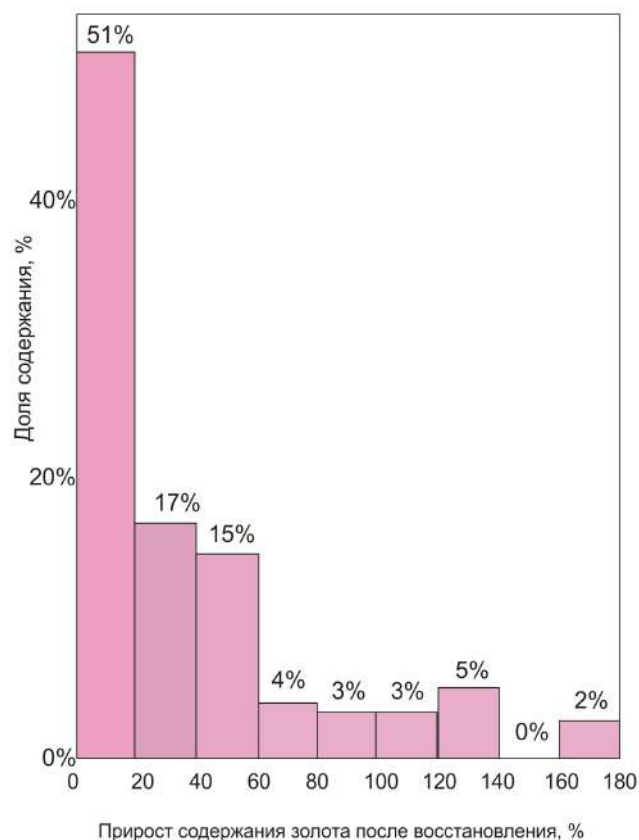


Рис. 1. Прирост объема россыпного золота при учете его наночастиц [23]

Это новообразованное (вторичное) золото приурочено преимущественно к различным углублениям, имеющимся на поверхности частиц «старого» (первичного) золота [20]. Наиболее распространенным типом таких выделений являются округлые наноразмерные агрегаты (50-100 нм), состоящие в свою очередь из более мелких, размером 10-20 нм, довольно прочно сцементированных между собой (рис. 2).

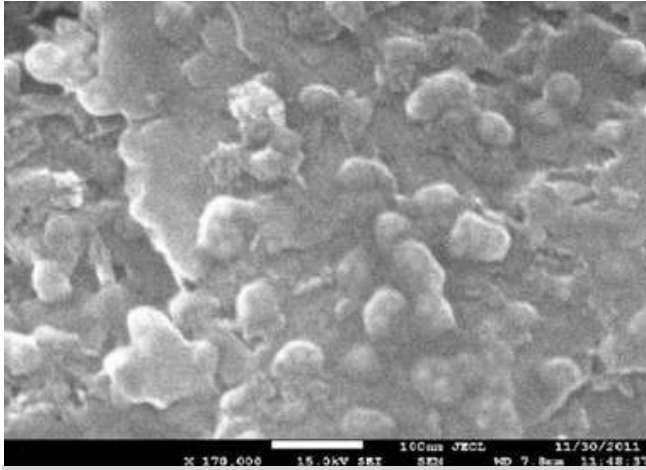


Рис.2. Агрегаты наночастиц золота на поверхности его более крупных частиц [20]

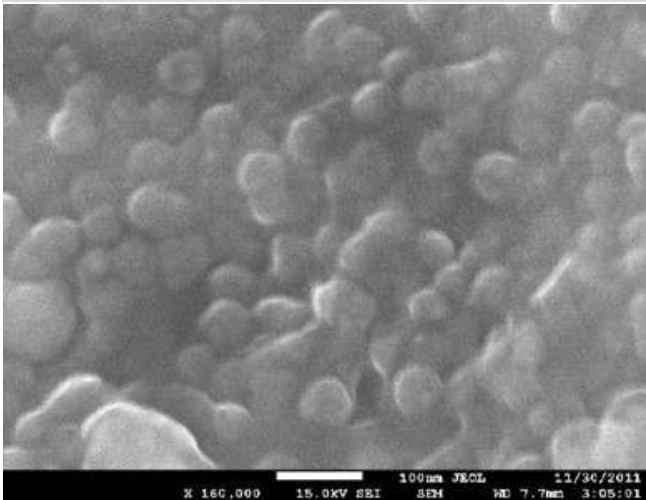


Рис. 3. Участок поверхности с плотным расположением наночастиц золота [20]

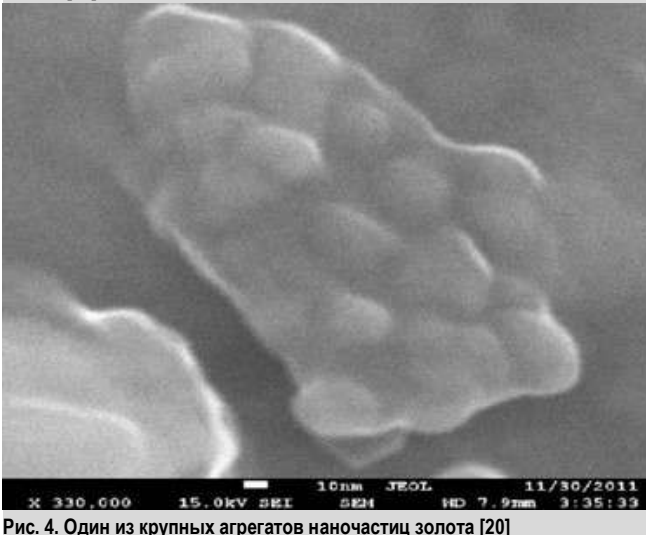


Рис. 4. Один из крупных агрегатов наночастиц золота [20]

С течением времени, близко расположенные агрегаты вторичного золота объединяются (под действием цементации и т.п. процессов) друг с другом в довольно сложные по форме агломераты (рис. 3), размеры которых нередко превышают 100 нм [20].

Анализ электронных фотографий показывает, что подобные агрегаты наночастиц золота могут образовывать даже несколько слоев, располагающихся друг над другом.

Необходимо отметить, что в большинстве более крупных агрегатов (300-200 нм) слагающие их наночастицы золота (рис. 4) также имеют относительно крупные размеры (обычно 50-70 нм) [20].

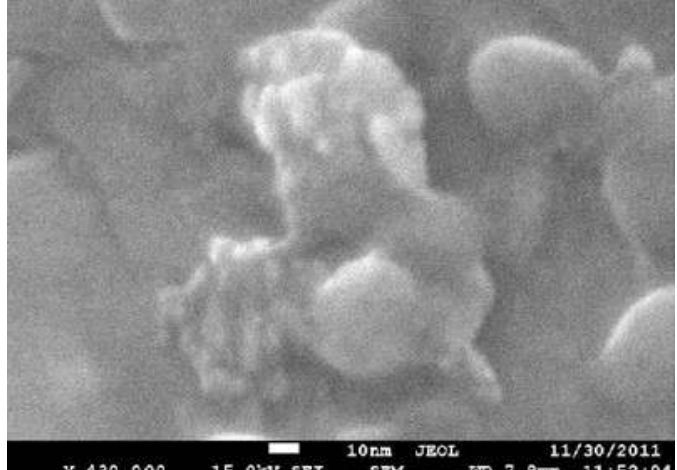


Рис. 5. Структура наиболее мелких агрегатов [20]

В некоторых рудах плотность расположения в агрегате наночастиц вторичного золота (рис. 5) относительно небольшая, отчего они часто даже не соприкасаются друг с другом.

Чаще всего наночастицы первичного золота приурочены к агрегатам слюдястых минералов (рис. 6, б), несколько реже встречаются в основной слабо дифференцированной тонкодисперсной массе и в скоплениях гидроксидов железа (см. рис. 6, в).

Судя по яркости видимых на электронных фотографиях наночастиц золота (см. рис. 6, б, в), одни из них находятся непосредственно на поверхности вмещающих минералов и поэтому выглядят как яркие белые точки, а другие же — внутри этих минералов и представлены в виде менее ярких (слегка размытых) белых точек.

Необходимо отметить, что покрытие золотин наноразмерной «шубой» явление не уникальное. Так, в россыпи Естошор (расположенной в северной части хребта Манитанырд на Полярном Урале, Россия) часть золотин разной степени окатанности также оказалась покрыта тонкодисперсной силикатной массой, содержащей густую вкрапленность нановыделений золота (100—400 нм) типа «звездного неба» (см. рис. 6, г).

Нановыделения золота в агрегатах высокодисперсных минералов, покрывающих поверхность кластогенных золотин, были установлены и в аллювии руч. Ветвистый и Кыяншор на Приполярном Урале (Россия) [13]. Здесь наночастицы золота (см. рис. 6, д) оказались приуроченными к тонкодисперсной массе алюмосиликатов.

Тем не менее, имеющиеся в составе золотосодержащих руд различные многообразные наноформы золота еще довольно слабо изучены [21]. Причина этого несоответствия – отсутствие ранее должной инструментальной базы, не позволяющей выявить в рудах кластерное золото нанометровой размерности.

И только после открытия на севере штата Невада (США) месторождений золота в массивах частично метаморфизованных осадочных карбонатно-алюмосиликатных пород, с концентрированием его как в различных сульфидах, так и в углистом веществе (так называемый карлинский тип), с преобладающим размером выделений золота менее 5 мкм, стало очевидным, что изучение многообразных наноформ его нахождения в рудах должно быть проведено более детально и на принципиально новой инструментальной аналитической базе.

Так, характерной особенностью руд карлинского и аналогичных типов является частое наличие «невидимого» золота. При этом невидимые наноформы золота обычно концентрируются в арсенопирите, пирите, пирротине и различных оксидах металлов (хромите, кварце и магнетите) и в меньшей степени – в карбонатах, силикатах и органическом веществе [21].

На основе полученных результатов натуральных и экспериментальных исследований золотосодержащих руд многих месторождений была разработана концепция «естественных нанотехнологий», т.е. природных физико-химических процессов, происходящих в литосфере в областях нанометровых размеров, которые приводят к формированию минеральных наноструктур, наноансамблей и нанопарагенезисов с аномальными физико-механическими свойствами.

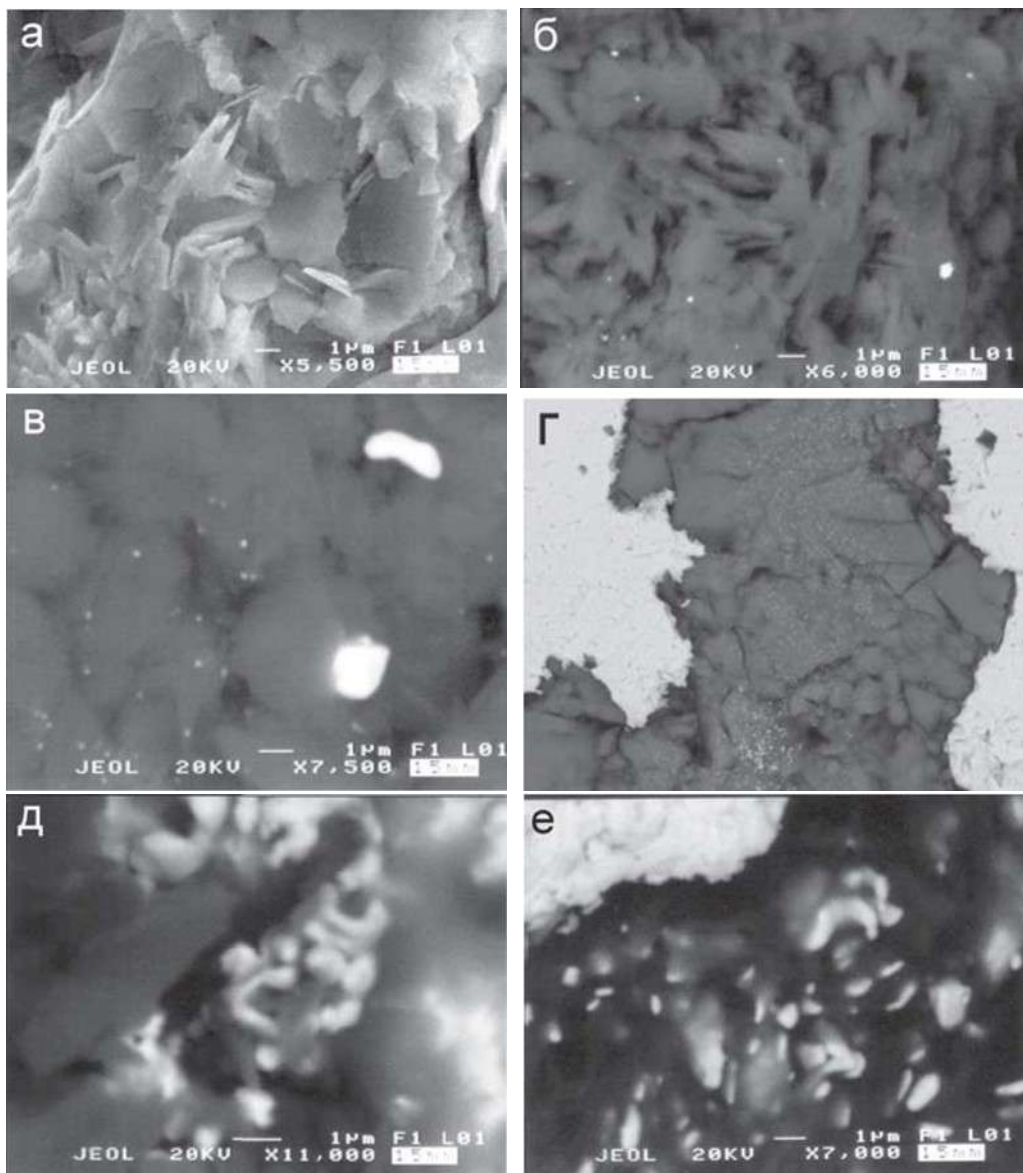


Рис. 6. Тонкодисперсные минералы на поверхности золотин [13]: а, б — слюды и гидрослюды; в — гидроксиды железа; г—е — тонкодисперсная оксидно-алюмосиликатная масса (темное); б—е — наночастицы золота (белое). Золотины из россыпей р. Кыввож (а—в), Естошор (г), руч. Ветвистый (д), руч. Кыяншор (е). РЭМ-изображения во вторичных (а, г) и упругоотраженных (б, в, д, е) электронах

В частности, необходимо отметить, что с течением времени в процессе гипергенеза в россыпях обычно происходит разрушение золотосодержащих минералов с неизбежным высвобождением нанозолота (сначала «нового», а затем и «старого»), с последующими его миграцией, переотложением и агрегированием.

Так, Н.В. Петровская, рассматривая особенности распределения тонкодисперсного (0,5-10 мкм) золота, пришла к довольно важному выводу: «Частицы тонкодисперсного золота распространены значительно более широко, чем видимые золотины. Они присутствуют во всех рудных месторождениях не только золота, но и многих других металлов, где видимое золото не встречается, а также рассеяны в больших массах гидротермально измененных пород».

Кроме этого исследования посредством электронно-зондового микроанализатора убого-сульфидных золото-кварцевых и других руд позволили выявить, что так называемые «редкие», «второстепенные» и «малораспространенные» теллуриды, селениды, сульфосоли и т.д. имеют довольно широкое распространение в литосфере в виде различных многочисленных нановключений, образующих закономерные наноансамбли с определенными соединениями золота.

Формирование основных морфологических типов нанозолота обычно объясняют, исходя из известных механизмов кристаллизации

вещества из промежуточного (кватеронного) его состояния [21]. В результате чего они могут иметь форму различных дендритов, колец, конусов, многогранников, сфер, стержней, чешуек и т.д., а также множества комбинаций из этих довольно простых форм и фрактальных агрегатов.

В частности, в тонкодисперсных рудах золоторудных месторождений Бакырчинского рудного района (Казахстан) были встречены нанотрубки (как полые, так и заполненные), сферические и ограненные наноструктуры, однослойные и многослойные, уплотненные и плотные (непрозрачные). При этом, округлые или сферические наноструктуры, заполненные металлом — обычно непрозрачные, а заполненные наночастицами арсенидов, сульфидов, сульфосолей, карбидов и оксидов — полупрозрачные или практически полностью прозрачные [14].

Подобные нанотрубки были встречены как в нанослоях золотосодержащих сульфидов (арсенипиритов и пиритов), так и в среде твердого углеродистого вещества (шунгита), находящегося в тесной парагенной ассоциации с сульфидами [14].

Необходимо отметить, что наноструктурированные образования золота (включающие наноформные минералы) на месторождениях Васильевское и Кварцитовые Горки (Казахстан), в значительной степени отличаются от имеющихся наноструктур

Бакырчинского района [14]. В частности, было установлено, что на месторождении Кварцитовые Горки более развиты фуллереноподобные структуры, отличающиеся меньшей размерностью и ограненностью, а также существенно большей плотностью.

К тому же зачастую здесь встречаются скопления очень мелких фуллереноподобных наноструктур золота, как правило, стянутые и объединенные между собой в дендриды. В результате нанотрубки золоторудного месторождения Васильевское часто образуют плотные дендритоидные сращения, плавно переходящие в различные пленкоподобные образования.

Кроме этого, образовавшиеся из природных металлоносных растворов (флюидов) наночастицы золота часто бывают и рентгеноаморфными [21].

В то же время самые маленькие наночастицы золота почти всегда имеют сферическую форму [21].

Так, сферические частицы золота со следами кристаллографических граней размером менее 1 мкм широко распространены в халцедоновидном кварце эпитермальных золоторудных месторождений. Здесь скопления выделений микронного золота пигментируют скрытозернистые агрегаты кварца в желтый, бурый и коричневый цвета.

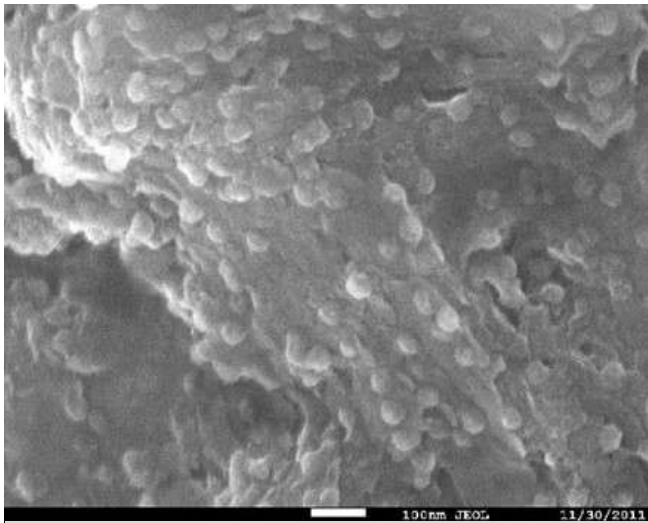


Рис.7. Скопления округлых наночастиц в неровностях поверхности золота

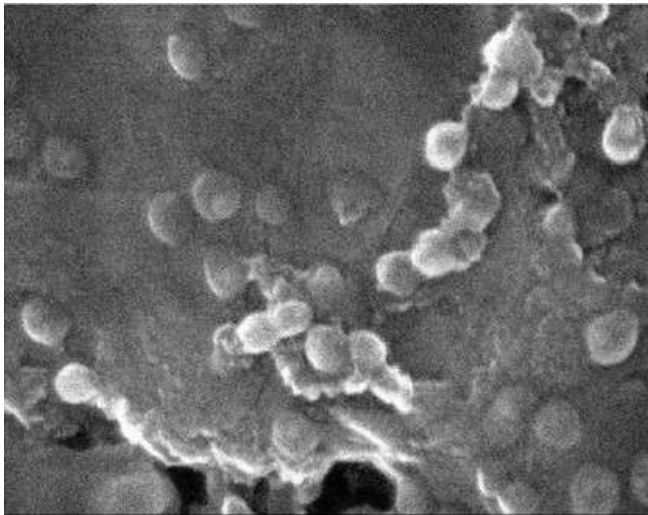


Рис. 8. Участок поверхности с редкими наночастицами золота

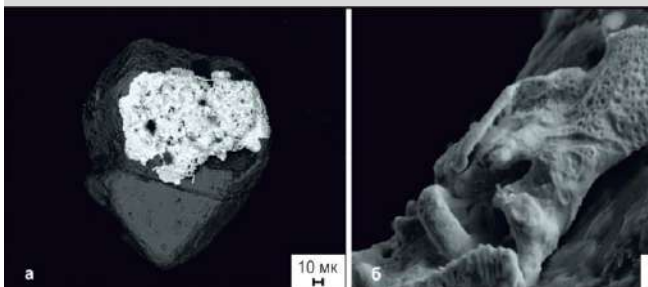


Рис.9. Кристалл ильменита с ртутистым золотом на его поверхности (а) и увеличенный фрагмент ртутистого золота пленочного типа (б) [17]

«Новое» золото также зачастую представлено одиночными округлыми наночастицами размером 50-100 нм, в которых в основном не наблюдается явно выраженного агрегатного строения (рис.7, 8). Для данного типа характерен сравнительно узкий диапазон размеров, с преобладанием индивидов крупностью 50-60 нм [20].

При этом наночастицы золота могут быть как изолированными, так и окруженными газообразной жидкой или твердой средой [21].

Однако, на многих снимках с увеличением свыше 300 тыс. раз отчетливо проявляются особенности внутреннего строения агрегатов «нового» (вторичного) золота разной крупности [20]. Эти сферические наночастицы золота (независимо от их размера) состоят из ядра и некоторой оболочки. Имеющаяся оболочка (поверхностный слой) защищает ядро от возможных внешних воздействий и существенно влияет на изменение исходных физико-механических свойств наночастиц золота [21].

Обычно, нанослой минералов представляет собой поверхностную неавтономную фазу, характеризующуюся существенной поглотительной способностью в отношении различных микроэлементов, чем объясняется довольно активная роль реальных кристаллов (арсенипирита и пирита) в пределах 100-300 нанометрового окисленного слоя [15].

Это объясняется тем, что в поверхностном нанослое, как правило, сосредоточены основные дефекты минеральной структуры (искажения углов и длин связей, а также определенная нестехиометрия состава), а кроме этого и некоторые примеси (атомы, попадающие в минеральную матрицу из окружающей среды).

Кроме этого, нанозолоту принадлежит одно из первых мест по распространенности в виде различных дендритов, причем в этом случае господствующей формой является двумерная, в подавляющем своем большинстве - тонкопластинчатая (с соотношением наибольшего поперечника к его толщине близким к 10:1 и более).

Дальнейшие электронно-микроскопические исследования золотосодержащих руд выявили [15]: самородные, овальные и изометричные (вытянутые по одной оси) золотины, развитые в углеродистом веществе в тесной ассоциации с платиноидами. Часто такие зерна золота и платины состоят из тончайших наноразмерных микроглобул.

Было установлено, что в подобном рудном шликере преобладает 3 вида золота [15]:

- 1) тончайшее пылевидное золото;
- 2) золото на периферии разложившихся сульфидов, микронное;
- 3) золото в пленке битума (черное золото).

Детальное изучение ртутистого золота на площади Фадеевского рудно-россыпного узла (Россия) из ранее неизвестной Au-Hg-Pt-S ассоциации позволило выявить 3 морфологических типа [17] и дополнительно еще один тип был выделен на других золотосодержащих месторождениях:

- примазки на ильменитах;
- наноспирали;
- сфероидальные образования;
- фрактальные кристаллы.

Непосредственное наноминералогическое инструментальное изучение ртутистого золота («примазок» на ильменитах и «фрактальных» кристаллов) было выполнено с применением современной приборной базы [17]:

- методов электронной сканирующей (EVO-50) и атомно-силовой (Solver) микроскопии, оснащенных энерго-дисперсионными спектрометрами JVCA Energy;
- локального микроспектрального анализа (JEOL 8100).

В частности, на пленках, покрывающих кристаллы ильменита (рис.9 а,б) наблюдались следующие морфологические типы нанообособлений: трубки, спирали и сфероиды (рис.10 а, б, в, г, д, е).

В результате проведенных на золотосодержащих месторождениях инструментальных исследований было выявлено несколько типов рудных наночастиц золота.

Первый тип – трубчатые формы – получил наиболее широкое развитие в природных золотосодержащих рудах. Длина таких трубок варьирует от 4–10 мкм, при внешнем диаметре до 0,3–1,0 мкм [17]. Толщина стенок таких нонотрубчатых образований колеблется от 100 до 500 нм.

Главным компонентом таких нанотрубок является Au (80–95 мас. %), в несколько меньших (0–6 мас. %) количествах присутствует Hg. Экспериментально была выявлена четкая тенденция в распределении этих элементов в пределах нанотрубок, с увеличением содержания золота от их основания к краю. Кроме этого, было установлено, что набор основных примесей такой же, как и у нанопленок [17]: С, О, N, Ti и Fe (0,4–1,9 мас. %), несколько реже Al, Rb и Br (до 2 мас. %).

Довольно примечателен и факт снижения содержаний Ti и Fe в нанотрубках по мере их удаления от минеральной матрицы – ильменита (FeTiO₃), что, вероятно, можно объяснить особенностями их сингенетического происхождения. Кроме того, в нанотрубках часто наблюдается обратная зависимость между содержаниями N и O.

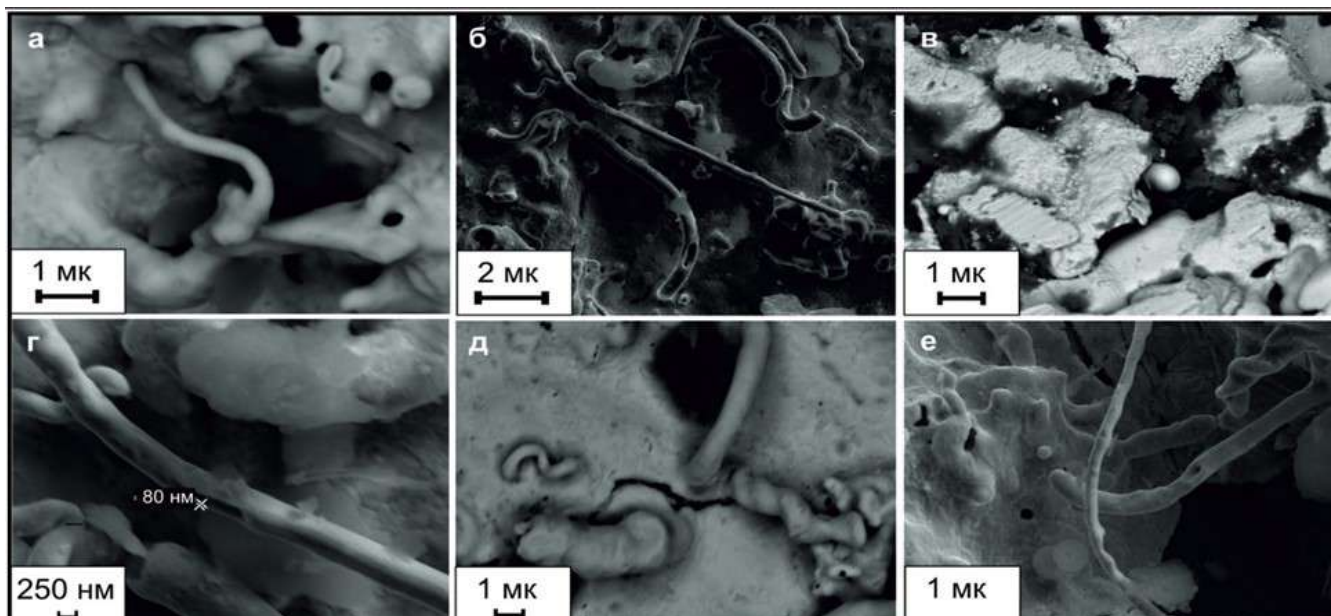


Рис. 10. Нанообособления золота [17]: а – трубки; б, д – спирали; в, е – сфероиды; г – увеличенный фрагмент спирали (с толщиной стенки 80 нм). Изображение в обратно отраженных электронах

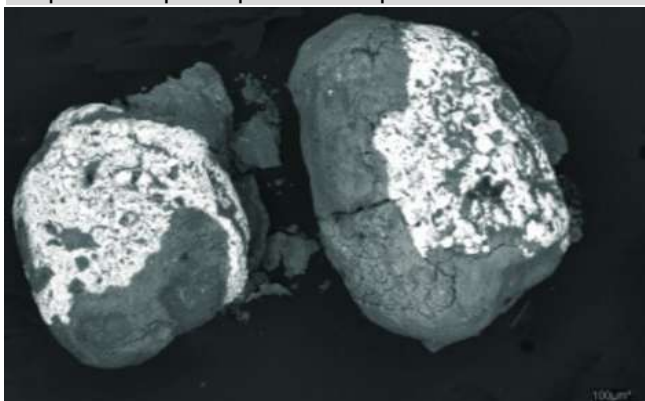


Рис. 11. Частицы амальгамы золота (белое) в углеродсодержащей оболочке

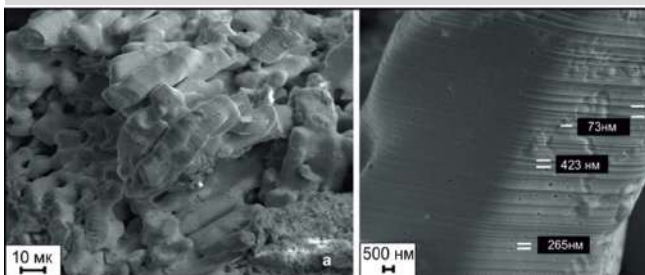


Рис. 12. Фракталы ртутистого золота (а), слои роста нанометровой ширины (б) с элементом микропористой текстуры [17]

Второй тип – наноспираль – был обнаружен на участках поверхности пленок с подавляющей (~95 мас. %) концентрацией золота, где из других примесей присутствует только С (см. рис. 10 б,г). Их образование, вероятно, следует увязывать с процессом геликоизации нанотрубок (формирование микроскопических спиралей), берущим свое начало из имеющегося строения атомов [17]. Длина спирализующихся наночастиц составляет 3–4 мкм, при их диаметре 500–600 нм и толщине стенок менее 100 нм.

Эволюция изменения химического состава наноспиралей (в направлении от их основания к краю) оказалась прямо противоположна основным тенденциям изменения химизма нанотрубок [17]: в них весьма явно снижаются концентрации Au и растут содержания Fe, Hg и Ti. Кроме этого, прослеживается вынос этих элементов из золотой пленки. Возможно, это явление в числе прочих (наличие винтовых осей в кристаллизующемся веществе, а также некоторых структурных дефектов и т.д.), также послужило причиной закручивания нанотрубок в спирали.

Третий тип наноиндивидов – сфероиды – вполне соответствуют первоначальной форме нанокристаллов (фуллеренов), с диаметром менее 100 нм (см. рис. 10 в,е). Их элементный химический состав такой же, как и спиралей, что свидетельствует об общности механизмов образования [17]. Отличие заключается в обеднении (до 60–65 мас. %) сфероидов золотом и обогащении (O – 13 мас. %, C – 7 мас. %, Si – 3,2 мас. %) примесями некоторых элементов, что, по-видимому, является отражением наиболее общих тенденций в формировании различных типов наноиндивидов, а именно – влияния химического состава исходной минеральной матрицы.

Кроме этого довольно часто третий тип являет собой некоторую разновидность амальгам золота, представленных в виде шаровидных обособлений, покрытых углеродсодержащей оболочкой («шубой») темно-серого цвета (рис. 11).

При этом золотые частицы, не покрытые никакой оболочкой, довольно хорошо окатаны, в отличие от покрытых разнообразными пленками («шубой»), которые обладают различными гранями и т.д. [16]. Возможно, это связано с их перемещением в водных потоках внутри «прочных контейнеров», в качестве которых выступала углеродсодержащая оболочка.

Проведенные инструментальные исследования показали, что поверхность многих золотин покрыта микропленкой (толщиной 0,5–1 мкм) следующего состава [16]: O – 53 мас. %, Mn – 23 мас. %, Fe – 15 мас. %, Si и Al – 8 мас. %, Cl, K и Ca – до 1 мас. %.

Четвертый тип наночастиц золота являет собой фрактальные кристаллы ртутистого золота, которые представлены разнообразными угловатыми скульптурными формами (рис. 12, а).

При их детальном изучении были установлены следующие вариации состава [17]: Au – 75–86 мас. %, Hg – 19–20 мас. % и Ag – от 2,2 до 3,4 мас. %.

В целом, характерной особенностью фрактальных кристаллов золота является наличие различного вида зон роста на их боковых гранях [17]. Грани таких нанокристаллов обычно энергетически неравномерны, что обуславливает широкое в концентрациях осаждаемого золота. Ширина таких зон роста варьируется от 70 до 600 нм (см. рис. 12, б), что указывает на неравновесные условия их образования.

На снимке увеличенного фрагмента зерна аурамальгамы золота (рис. 13, б) хорошо видна рыхлая разветвленная структура, обусловленная расположением разноориентированных микроразмерных кристаллических фракталов.

Еще один значимый морфологический тип представлен удлиненными (до 600 нм в длину и 200 нм в ширину) выделениями слоистого вторичного золота, внутри и на поверхности которых присутствуют отдельные наночастицы золота разной формы [20]. Часто эти выделения налегают друг на друга, образуя

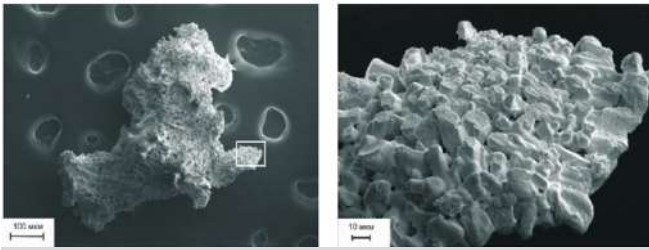


Рис.13. Скульптурный ансамбль (а) микрокристаллов природной амальгамы и его увеличенный фрагмент (б) с элементом микропористой текстуры [16]

многоэтажные «постройки», что указывает на разновременность их образования (рис. 14).

Кроме этого, инструментальными методами анализа было установлено, что с уменьшением содержания серы концентрация золота в пирите существенно возрастает, что позволило предположить наличие в пирите изоструктурных соединений золота (типа AuS_2 или Au_2S) [21].

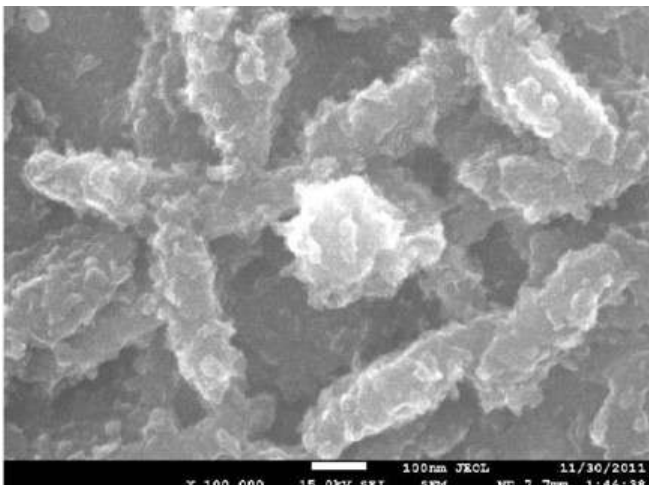


Рис. 14. Сложные выделения «нового» золота удлиненной формы [20]

В ходе экспериментальных и натурных исследований также было установлено, что при уменьшении размера кристаллов природного пирита в них значительно возрастает концентрация Au, Ag, As, Te и Se, также увеличивается степень возможной растворимости пирита, блеклых руд и халькопирита, а кроме этого – существенно меняется их изначальная минеральная структура и т.д.

К числу важнейших факторов, определяющих наноминеральную форму отложения золота, безусловно, относится его сорбция и адсорбция, которые в значительной степени зависят от значения удельной поверхности наночастиц. В результате этого явления тонкозернистые агрегаты обладают более большой сорбционной емкостью, чем крупнозернистые, что в итоге сказывается на параметрах их золотоносности [9].

В частности, с коллоидами оказалось связанным образование значительного количества наноминералов в золотосодержащих рудах, представляющих собой скрытокристаллические агрегаты халцедоновидного кварца, насыщенных коллоидным золотом, тонкодисперсными сульфидами, теллуридами и т.д. [9]. Особенно выразительны оказались колломорфно-полосчатые, фестончатые и кокардовые текстуры золотосодержащих руд с обогащенными нанозолотом участками месторождения Кочбулак (Узбекистан).

Сорбированные на поверхности минералов наночастицы золота в последующем сами становятся центрами кристаллизации и осаждения металлов из металлоносных растворов (флюидов), а различные поверхности на минералах - свежие сколы, трещины (рис. 15) и другие разнообразие дефекты (в силу своей высокой физико-химической активности) также способствуют последующему эффективному осаждению наночастиц золота.

В результате проявления этих процессов наночастицы золота в литосфере оказываются обычно приуроченными к трещиноватым участкам в агрегатах ранних сульфидов, кварцев и карбонатов, а

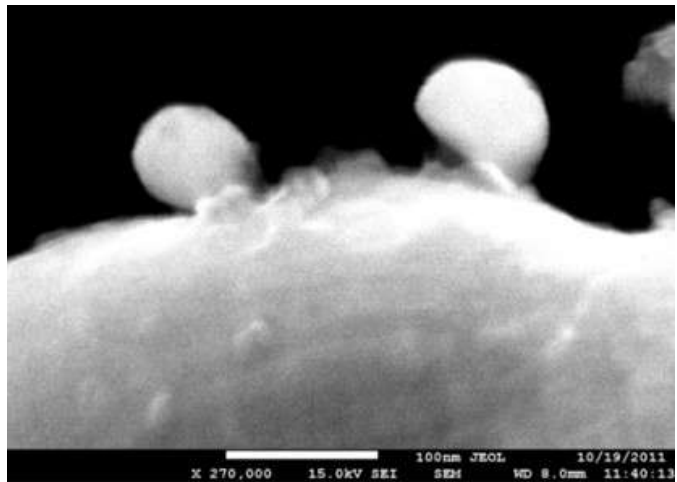


Рис. 15. Одиночные наночастицы золота размером 70 нм на стенке трещины на поверхности россыпных золотин [19]

также к границам зерен и мозаичных блоков, дислокационным и структурным каналам (шириной от 2E до 20 мкм). В частности, значительными осадителями нанозолота могут также служить различные участки сколов зерен деформированного кварца.

Кроме этого, существенная роль в образовании промышленных скоплений нанозолота принадлежит и электрохимическим процессам, проявляющимся в зависимости от реальной величины электродного потенциала «минералов-осадителей», в порядке понижения которого различные сульфиды образуют следующий ряд: пирит – халькопирит – блеклые руды – арсенопирит – пирротин – галенит.

С помощью специально разработанных инструментальных методов неразрушающего анализа руд и минералов было установлено, что в золотосульфидных рудах преобладают коллоидная, ионная и гидроксидная формы золота, а самородная - в подавляющем большинстве представлена тонкодисперсной разновидностью.

Кроме непосредственно золотых руд золото было выявлено и в других минеральных образованиях. Так, при анализе наноснимков самых обычных, распространённых в литосфере, графитовых руд сотрудники нескольких научных учреждений Дальневосточного отделения РАН (Дальневосточного геологического института, Института химии, Института тектоники и геофизики и Института горного дела) выявили в них золото, серебро и платиноиды (платина, палладий, иридий, осмий и прочие) [18]. Причём в **неизвестной до сих пор форме металлоорганических нанокластеров в составе графита, когда** мельчайшие частички золота оказываются обернуты графитовым «коконом».

Ранее, при традиционном химическом анализе графитовых руд в них обнаруживали только 0,021–3,57 г/т золота, поэтому извлекать из них золото считалось нерентабельным [18]. В последующем, с помощью ионной масс-спектрометрии удалось обнаружить, что концентрация золота и платиноидов в графитовых рудах гораздо больше. Так, в изученных на новейших приборах пробах природного графита содержание золота достигала 17,8 г/т – это уровень руд довольно богатых золотых месторождений. Подобная разница отражает существенные потери благородных металлов при термоокислительном разложении графитосодержащих проб в результате эмиссии летучих металлоорганических соединений.

Однако, имеется серьезная и нерешенная проблема с технологией промышленного извлечения благородных металлов из графитов [18]. Ведь их **наноформы** являются практически единым целым с графитовым «коконом», а, следовательно, традиционные способы обогащения руды (от гравитации, как в случае с самородным золотом, до химического метода добычи золота из сульфидных соединений) мало эффективны.

Кроме графитовых руд золото сконцентрировано и в различных природных углях.

Характер связи содержания золота в углях, торфах и их золах свидетельствует о преимущественно органической форме нахождения Au. При этом для углей могут быть выделены 2 типа носителя золота

(органическое и минеральное вещество), при преобладании его связи с органическим веществом.

В процессе изучения распределения золота при сжигании углей в топках ТЭЦ (куда уголь поступает в виде пыли) было установлено, что оно значительной частью переходит в смывную воду, которая используется для транспорта золы от котельных установок до золоотвала [11].

Анализ проб этих вод (отобранных в различных местах золоотвала и в различное время года) показывает присутствие в них золота, с концентрацией от 20 до 100 мг золота на 1 м³ воды [11].

Наиболее достоверным объяснением наличия в смывной воде золота может быть предположение, что при температуре в топках до 2000°C и в условиях вихревого потока газов, угольной пыли и сажи происходит высвобождение наночастиц золота, которые обладают аномальной подвижностью и могут переходить в водную фазу при смыве золы.

Необходимо отметить, что золото, имеющее размеры частиц менее 20 мкм, пластинчатую (фото 1) или игольчатую форму, обычно не поддается извлечению всеми существующими технологиями обогащения [12].

Особенностью пластинчатого нанозолота является его весьма высокая плавучесть (плавучее золото, вследствие своей тонкошешчатой формы, может удерживаться на поверхности воды силой поверхностного натяжения), в результате чего значительная часть золота таких классов не извлекается современными технологиями обогащения из россыпей [12]. При этом от 25 до 40% тонкого плавучего золота уходит в «хвосты» обогащения.

Как показали инструментальные исследования плавучего золота методом атомно-силовой микроскопии его поверхность имеет кластеритовое строение, т.е. состоит из кластеров сферической и эллипсоидальной формы (размером от 50 до 152 нм), что служит основной причиной несмачиваемости золотин.

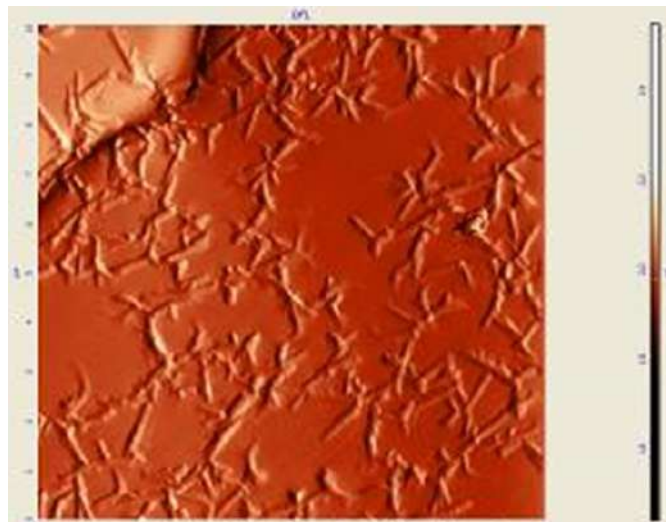


Фото. 1. Атомно-силовое изображение поверхности агломерированного золота [12]

Кроме указанных причин, трудности технологического обогащения нанозолота зачастую объясняются кристаллографическими особенностями, изоморфностью минералов и вторичной минерализацией, а также невозможностью существующими способами эффективно раскрыть сростки вмещающих нанозолото минералов [12].

Таким образом, выявление наночастиц золота на большинстве золотосодержащих (рудных и россыпных, геогенных и техногенных) месторождений позволяет существенно расширить существующую минерально-сырьевую базу этого металла, а детализация его возможных наночастиц – обеспечит разработку эффективных технологий его обогащения (извлечения).

Библиографический список:

1. Воробьев А.Е., Верчеба А.А., Трабеллси С. Основные наночастицы золота месторождений и техногенного минерального сырья // *Разведка и охрана недр*. 2015. № 4. С. 21-25.
2. Воробьев А.Е., Гладиш А.Д. Геохимия золота. Ресурсы и технологии России. – М.: Изд-во РУДН, 2000. – 431 с.
3. Воробьев А.Е., Ибрагимов Р., Салим Трабеллси. Особенности современной наноминералогии // *Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы IV Международной науч.-практ. конф. Междуреченск, 8-10 апреля 2015 г.* - Кемерово, 2015. С. 26-27.
4. Воробьев А.Е., Козырев Е.Н., Чаро О. Связь нанорельефа пирита и арсенопирита с величиной адсорбции золота // В сборнике: *Наука, образование, культура и информационно-просветительская деятельность - основы устойчивого развития горных территорий Материалы VIII Международной научно-практической конференции*. 2015. С. 264-272.
5. Воробьев А.Е., Насыров У.Ф., Ибрагимов Р.Р., Трабеллси С., Холикулов Д.Б. Выявленные наночастицы золота в геогенном и техногенном минеральном сырье // *Горный вестник Узбекистана*, №2 (61). 2015. С. 18-27.
6. Воробьев А.Е., Трабеллси С. Виды наночастиц золота, в геогенном и техногенном минеральном сырье // *Горный журнал Казахстана*, №2. С. 18-21.
7. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Сравнительный анализ свойств нанорельефа различных золотосодержащих сульфидов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования* № 1. 2016. С. 78-84.
8. Воробьев А.Е., Тчаро Х., Ибрагимов Р. Влияние наночастиц пирита и арсенопирита на процессы адсорбции золота // *X международная научно-практическая конференция «Инновации в технологиях и образовании»*. Ч 1. Белово. Изд-во филиала ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия». Великово Тырново. Болгария. 2017. С. 234-246.
9. Конев Р.И. Наноминералогия золота эпitherмальных месторождений Чаткало-Кураминского региона (Узбекистан). Санкт-Петербург. DELTA. 2006. 220 с.
10. Кузнецова И.В. Геология, тонкодисперсное и наноразмерное золото в минералах россыпей Нижнеселенгинского золотосносного узла (Приамурье) // *Диссертация на соискание ученой степени к.г.м.н.* 2011. 151 с.
11. Кузьминых В.М., Сорокин А.П., Рождествова В.И., Зубенко И.А. Образование дисперсных и наноминеральных форм золота и возможность их извлечения из технологических растворов // *Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2014): Материалы Международного совещания (16-19 сентября 2014 г.)* Казахстанская национальная академия естественных наук, Национальный научно-технологический холдинг «Парасат», Астана, АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы, ТОО «Арк», Караганда, 2014. С. 144-146.
12. Лазерная агломерация ультрадисперсного и коллоидно-ионного золота // <http://edu.znate.ru/docs/62/index-470466.html?page=8>.
13. Майорова Т.П., Устюгова К.С., Курьлева К.Г., Шевчук С.С., Филиппов В.Н., Козырева И.В., Нестеренко Г.В. Наноразмерное золото в зоне гипергенеза // *Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (Сыктывкар)*. № 10 (214). 2012. С. 35-38.
14. Марченко Л.Г. Генезис и минеральные ассоциации золота и платиноидов в месторождениях «черносланцевого» типа Казахстана // *Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук*. Санкт-Петербург. – 2011. 50 с.
15. Марченко Л.Г. Микро- и наноминералогия золота и платиноидов в черных сланцах. Алматы: Интерпресс-Казахстан, 2010. 146 с.
16. Медведев Е.И., Молчанов В.П. Амальгама золота и её минералы спутники (Дальний Восток, Приморье) // *Фундаментальные исследования*. № 11-5. 2013. С. 958-963.

17. Медведев Е.И., Молчанов В.П., Ивин В.В. Микро- и наночастицы природного ртутистого золота Фадеевского рудно-россыпного узла (Приморье) // *Фундаментальные исследования*. № 9-8. 2014. С. 1765-1768.

18. Нам нано золото: российские учёные открыли новый вид месторождений золота // <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/nasha-versiya-nam-nano-zoloto>.

19. Осовецкий Б.М. О методике изучения нанозолота // *Современные проблемы науки и образования* № 6. 2012. С. 628.

20. Осовецкий Б.М., Баранников А.Г. «Новое» нанозолото Чернореченской россыпи // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. № 15. 2012. С. 36-42.

21. Сазонов А.М., Звягина Е.А., Леонтьев С.И., Вульф М.В., Полева Т.В., Чекушин В.С., Олейникова Н.В. Ассоциации микро- и наноразмерных обособлений благороднометаллического комплекса в рудах // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии*. Т. 1. № 1. 2008. С. 17-32.

22. Санакулов К.С., Воробьев А.Е., Норов Ю.Д. Начало промышленного применения нанотехнологий в недропользовании. Ташкент. Фан. 2017. 496 с.

23. Усманова Н.Ф. и др. Методы повышения эффективности разработки гипергенных месторождений с мелким и тонким золотом // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. № 5. 2007. С. 389-396.

24. Хабиров В.В., Забельский В.К., Воробьев А.Е. Прогрессивные технологии добычи и переработки золотосодержащего сырья / Под ред. акад. Н.П. Лаврова. – М.: Недра, 1994. – 272 с.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 10-17

IDENTIFIED GOLD NANOFORMS IN GEOGENIC AND TECHNOGENIC MINERAL RAW MATERIAL

¹Vorobev A.E., Vice-Rector for Science and Innovation, Doctor of Technical Sciences, Professor, fogel_al@mail.ru

²Nasirov U.F., Vice Rector for Science, Doctor of Technical Sciences, Professor, u_nosirov@mail.ru

³Vorobev K.A., graduate student, fogel_al@mail.ru

¹Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan

²Almalik branch National University of Science and Technology MISIS, Almalik, Uzbekistan

³Friendship University, Moscow, Russia

Abstract

The main forms of nanoparticles of gold are considered, specification of its main types is given (colloidal, cluster, etc.), factors of its losses at enrichment are described.

Keywords: gold, nanoparticles, fullerene, tubes, cones, units, films, losses.

References:

1. Vorobev A.E., Vercheba A.A., Trabelssi S. Basic nanoforms of gold deposits and technogenic mineral raw materials // *Exploration and protection of mineral resources*. 2015. No. 4. pp. 21-25.

2. Vorobyov A.E., Gladush A.D. The geochemistry of gold. Resources and technologies of Russia. - M.: Publishing House of RUDN, 2000. -- 431 p.

3. Vorobyov A.E., Ibragimov R., Salim Trabelssi. Features of modern nanomineralogy // *Modern trends and innovations in science and production: Materials of the IV International scientific-practical. conf. Mezhdurechensk, April 8-10, 2015 - Kemerovo, 2015*. pp. 26-27.

4. Vorobyov A.E., Kozyrev E.N., Charo O. Relations between the pyrite and arsenopyrite nanorelief and the value of gold adsorption // *In the collection: Science, education, culture and awareness-raising activities - the basics of sustainable development of mountainous areas Materials of the VIII International Scientific practical conference*. 2015. pp. 264-272.

5. Vorobev A.E., Nasirov U.F., Ibragimov R.R., Trabelssi S., Kholikulov D.B. Identified gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials // *Mountain Herald of Uzbekistan*, No. 2 (61). 2015. pp. 18-27.

6. Vorobyov A.E., Trabelssi S. Types of gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials // *Mining Journal of Kazakhstan*, No. 2. pp. 18-21.

7. Vorobyov A.E., Tcharo H. Comparative analysis of the properties of the nanorelief of various gold-bearing sulfides // *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Research* No. 1. 2016. pp. 78-84.

8. Vorobyov A.E., Tcharo Honore, Ibragimov R. Influence of nanobarriers of pyrite and arsenopyrite surfaces on gold adsorption processes // *X international scientific-practical conference "Innovations in technologies and education". Part 1. Belovo. Publishing house of the branch of St. Cyril and St. Methodius. "Velikovo Tarnovo. Bulgaria*. 2017. pp. 234-246.

9. Koneev R.I. Nanomineralogy of gold in epithermal deposits of Chatkalo-Kuraminsky region (Uzbekistan). St. Petersburg. DELTA. 2006. 220 p.

10. Kuznetsova I.V. Geology, finely divided and nanoscale gold in minerals of placers of the Lower Selezhdzhinsky gold bearing site (Amur Region) // *The dissertation for the degree of candidate of medical science* 2011. 151 p.

11. Kuzminykh V.M., Sorokin A.P., Rozhdestvenina V.I., Zubenko I.A. The formation of dispersed and nanomineral forms of gold and the possibility of their extraction from technological solutions // *Progressive methods of enrichment and complex processing of natural and technogenic mineral raw materials (Plakinsky readings - 2014): Materials of the International meeting (September 16-19, 2014) Kazakhstan National Academy of Natural Sciences, National Scientific and Technological Holding "Parasat", Astana, JSC "Center for Earth Sciences, Metallurgy and Enrichment", Almaty, Arco LLP, Karaganda, 2014*. pp. 144-146.

12. Laser agglomeration of ultrafine and colloidal ion gold // <http://edu.znate.ru/docs/62/index-470466.html?page=8>.

13. Mayorova T.P., Ustyugova K.S., Kuryleva K.G., Shevchuk S.S., Filippov V.N., Kozyreva I.V., Nesterenko G.V. Nanoscale gold in the zone of hypergenesis // *Bulletin of the Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar)*. N 10 (214). 2012. pp. 35-38.

14. Marchenko L.G. Genesis and mineral associations of gold and platinum in deposits of the "black shale" type of Kazakhstan // *Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences*. St. Petersburg. - 2011. 50 p.

15. Marchenko L.G. Micro- and nanomineralogy of gold and platinum in black shales. Almaty: Interpress-Kazakhstan, 2010. 146 p.

16. Medvedev E.I., Molchanov V.P. Gold amalgam and its mineral satellites (Far East, Primorye) // *Fundamental research*. No. 11-5. 2013. pp. 958-963.

17. Medvedev E.I., Molchanov V.P., Ivin V.V. Micro- and nanoforms of natural mercury gold of the Fadeevsky ore-placer site (Primorye) // *Fundamental Research*. No. 9-8. 2014. pp. 1765-1768.

18. We are nano-gold: Russian scientists have discovered a new type of gold deposits // <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/nasha-versiya-nam-nano-zoloto>.

19. Osovetsky B.M. On the methodology for studying nanogold // *Modern problems of science and education* N 6. 2012. 628 p.

20. Osovetsky B.M., Barannikov A.G. "New" nanogold of Chernorechensky placer // *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky*. No. 15. 2012. pp. 36-42.

21. Sazonov A.M., Zvyagina E.A., Leontiev S.I., Wulf M.V., Poleva T.V., Chekushin V.S., Oleinikova N.V. Associations of micro- and nanoscale segregations of a noble metal complex in ores // *Journal of the Siberian Federal University. Series: Technics and Technologies*. T. 1. No. 1. 2008. pp. 17-32.

22. Sanaikulov K.S., Vorobev A.E., Norov Yu.D. The beginning of the industrial use of nanotechnology in subsoil use. Tashkent. Fan. 2017. 496 p.

23. Usmanova N.F. et al. Methods for increasing the efficiency of development of hypergene deposits with fine and thin gold // *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. No. 5. 2007. pp. 389-396.

24. Khabirov V.V., Zabelsky V.K., Vorobev A.E. Progressive technologies for the extraction and processing of gold-bearing raw materials / Ed. Acad. N.P. Laverova. - M.: Nedra, 1994. -- 272 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТНОШЕНИЯ ВЫСОТЫ ОБРАЗЦА К ЕГО ДИАМЕТРУ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД



Тураев А.С.,
доцент кафедры «Добычи и
переработки руд редких и
радиоактивных металлов»
НГГИ, к.г.-м.н.



Жиянов А.Б.,
ст. преподаватель кафедры
«Добычи и переработки руд
редких и радиоактивных
металлов» НГГИ



Буриев Ш.У.,
ассистент кафедры «Добычи
и переработки руд редких и
радиоактивных металлов»
НГГИ

Ushbu maqolada tog' jinslarining diametri va balandligining tog' jinslarining mustahkamligi va deformatsiya xususiyatlariga ta'siri haqida ma'lumot beradi. Namunaning vertikal kattalashishi bilan elastik modul kamayadi va Poissonning nisbati oshadi. Doimiy toshlarning egiluvchanligi deyarli yo'q qilinadi.

Tayanch iboralar: namuna, balandligi, diametri, kuchi va deformatsiya xususiyatlari, elastik moduli, Puasson koeffitsienti, namunalarning kuchlanish holati, IP-1A-1000 PK gidravlik pressi.

В данной работе приведены данные о влиянии высоты образца к его диаметру на прочностные и деформационные свойства горных пород. С увеличением вертикального размера образцов наблюдается закономерное снижение модуля упругости и увеличение коэффициента Пуассона. Изменение упругих постоянных породы практически прекращается.

Ключевые слова: образец, высота, диаметр, прочностные и деформационные свойства горных пород, модуль упругости, коэффициент Пуассона, напряженное состояние образцов, гидравлического пресса ИП-1А-1000 ПК.

Даже краткий анализ основных схем испытаний различных материалов, в том числе и горных пород, показывает, какое большое внимание уделяют исследователи получению показателей прочности при однородном напряженном состоянии материала.

Однако наиболее распространенный метод испытаний пород на сжатие – испытание образцов цилиндрической формы между жесткими давящими плитами с сухим трением на торцах образца. Метод является наиболее простым в техническом исполнении и широко применяется как в Узбекистане, так и за рубежом. Схема испытаний образцов пород по этому методу изображена на рис.1. Целесообразность применения таких шаровых опор была подтверждена, например, исследованиями ИГД им. А.А. Схочинского [2]. Применение шаровых опор, устанавливаемых на верхний торец образца, как доказано в работе [5], значительно уменьшает погрешности испытаний.

Основной недостаток метода испытаний пород с трением по торцам – неоднородность напряженного состояния материала образца, оказывающая влияние на его прочность и деформируемость. Но для большей части горнотехнических задач нет необходимости в точном (эталонном) определении прочностных показателей. Поэтому основные положения этого метода могут быть положены в основу для разработки стандарта по приближенному определению прочности пород на одноосное сжатие.

Основной вопрос, по которому нет до сих пор согласования между отдельными исследователями, какое отношение высоты образца к диаметру должно быть при таком методе испытания. Известно, что изменение этого отношения изменяет прочность образца в 3-5 раз. По этому вопросу существуют две точки зрения. Одни исследователи рекомендуют брать отношение высоты образца h_0 к его диаметру d_0 , равное двум, другие предлагают брать это отношение равным единице. На наш взгляд, это отношение выбрано волевым решением. Ссылки на то, что при таких соотношениях размеров образцов можно обеспечить экономию средств и времени на изготовление образцов, несостоятельны, так как еще большую экономию можно обеспечить, испытывая образцы, например, при отношении $h_0/d_0 = 0,5$ и т.д.

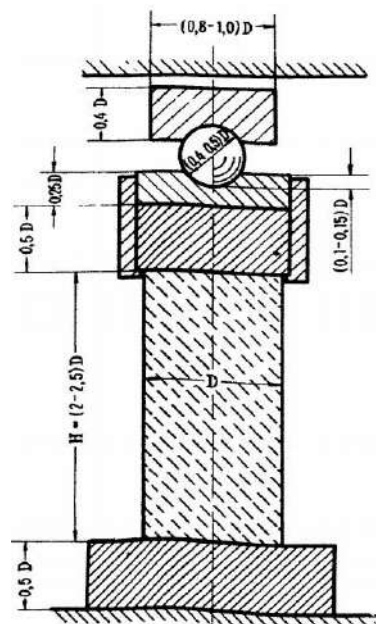


Рис.1. Схема испытаний образцов пород

Анализ результатов испытаний пород с различным соотношением размеров образцов и с трением по торцам показывает следующее.

При сжатии образца породы с отношением $h_0/d_0 = 1$ в материале последнего наблюдается весьма неоднородное напряженное состояние. Торцевое трение препятствует свободному расширению торцов образца под нагрузкой и обуславливает объемное напряженное состояние материала образца. Это явление изучалось многими исследователями и изложено в работах [1, 3-4, и др.]. Основные результаты этих исследований: чем меньше отношение h_0/d_0 , т.е. чем

ниже образец, тем больше его прочность.

Напряженное состояние образцов разных пород зависит от соотношения упругих характеристик образца и давящих плит, а также от условий на торцах образца. Если, например, прочность образца с отношением $h_0/d_0 = 2$ принять условно за действительную прочность породы на одноосное сжатие, то испытание образцов с отношением $h_0/d_0 = 1$ аналогично испытанию высокого образца при объемном сжатии. Величина условного бокового давления $\sigma_2 = \sigma_3$ при этом зависит от многих факторов и различна для разных типов пород. Испытания на сжатие низких образцов аналогичны испытаниям высоких образцов в стабилометре с неопределенной величиной бокового давления,



Рис. 2. Общий вид гидравлического пресса ИП-1А-1000 ПК

различного для разных пород (сопоставление фактически несопоставимых величин). В этом явлении заключается одна из основных причин, по которой отсутствуют надежные формулы пересчета прочности в зависимости от вертикального размера образцов. Как отмечалось в работе [1], для каждого материала существует собственная зависимость прочности от соотношения размеров образцов.

Одним из существенных недостатков метода испытаний с трением по торцам является также то, что шлифованная поверхность контактирующих с образцом давящих плит быстро изнашивается, особенно после испытания крепких горных пород, что приводит к значительным погрешностям испытаний. Необходимость частой замены давящих плит и повышенные требования к качеству обработки торцов образца связаны с определенными материальными затратами.

В работах [5] приведены данные о влиянии высоты образца на его упругие постоянные. С увеличением вертикального размера образцов наблюдается закономерное снижение модуля упругости и увеличение коэффициента Пуассона. Изменение упругих постоянных породы практически прекращается при $h_0/d_0 \geq 2$. При таких соотношениях размеров образцов величины упругих постоянных не зависят от торцевых условий. Практические результаты обоснованы теоретическими расчетами, изложенными, например, в работах [5]. В этих исследованиях доказывалось, что при одноосном сжатии образца горной породы у его торцов образуется конусная зона всестороннего сжатия, влияние которой распространяется по высоте образца на величину $(0,5 \div 0,6)d_0$.

Результаты испытаний на ползучесть различных материалов, в том числе и горных пород, показали, что относительные деформации ползучести увеличиваются при увеличении высоты образца. При величине $h_0/d_0 \geq 2$ деформации ползучести стабилизируются. Поэтому оптимальным отношением высоты образца к его диаметру при испытании пород на ползучесть принято отношение, равное двум.

При различных методах испытаний горных пород отношение высоты образца к его диаметру рекомендуется принимать равным двум. Среди таких исследований можно отметить следующие:

- 1) изучение влияния жесткости испытательной машины на деформируемость и прочность горных пород, а также на поведение пород за пределом прочности;
- 2) исследование влияния скорости нагружения на прочность и деформации пород;
- 3) исследование влияния формы образца на величину энергоемкости разрушения;
- 4) исследование влияния эксцентриситета нагрузки на прочность и деформируемость различных материалов;
- 5) исследование влияния способа нагружения на прочность и деформируемость пород;
- 6) исследование влияния масштабного фактора на прочность пород;
- 7) исследование процесса разрушения пород и т.д.

В данной работе исследован процесс разрушения горных пород. Исследования показали, что начальную стадию процесса разрушения можно с уверенностью изучить только в том случае, если высота образца не менее чем в два раза превышает его диаметр.

Влияние торцевого трения на результаты испытаний пород на сжатие исследовано в работе [6]. При отношении $h_0/d_0 \geq 2$ влияние трения на результаты испытаний оказывается незначительным. Наиболее полный анализ экспериментальных данных о влиянии высоты образца на прочность пород приведен в работе [1]. Анализ показал, что при отношении $h_0/d_0 \geq 2$ прочностные показатели пород практически не изменяются. Результаты специальных исследований [1] показали, что, прочность пород при однородном напряженном состоянии близка к прочности пород, испытанных с трением по торцам при отношении $h_0/d_0 \geq 2$. Этот вывод относится как к результатам испытаний на одноосное сжатие, так и к результатам испытаний на объемную прочность в испытательных машинах типа ИП-1А-1000 ПК. Следует отметить, что при испытаниях пород на объемную прочность в испытательных машинах типа ИП-1А-1000 ПК большинство исследователей также принимают это отношение, равное двум.

Данный гидравлический пресс [4] отвечает требованиям ГОСТ 28840 и ГОСТ 9753, максимальное усилие которого не менее чем на 20-30% превышает предельную нагрузку на образец. ИП-1А-1000-ПК (рис. 2) на 80-90% превышает предельную нагрузку на выбранный образец.

Ниже приведены краткое описание технических данных гидравлического пресса ИП-1А-1000 ПК:

- номинальное давление насосной станции 70 МПа;
- предельная нагрузка 1000 кН;
- при диапазоне измерения нагрузки от 100 до 399 кН, цена единицы наименьшего разряда цифрового индикатора нагрузки - 0,1 кН;
- при диапазоне измерения нагрузки от 400 до 1000 кН, цена единицы наименьшего разряда цифрового индикатора нагрузки - 1,0 кН;
- скорость нагружения основного диапазона от 1 до 100 кН/с.

Вопрос о стандартизации метода испытаний пород на сжатие нельзя рассматривать изолированно от других методов испытаний. Нельзя не учитывать, что в большинстве случаев при определении различных физико-механических характеристик горных пород применяются цилиндрические образцы с отношением $h_0/d_0 = 2$. Это отношение, как показал анализ, выбирается не произвольно, а на основе детальных исследований напряженного состояния материала образца и результатов испытаний пород на сжатие, и обеспечивает значительное увеличение точности испытаний. Во многих случаях проводить испытание с меньшей высотой образца принципиально невозможно. Известно, что при различных исследованиях горных пород определяется их прочность на сжатие. Так, при определении показателей объемной прочности пород (сцепления и угла внутреннего трения) в испытательных машинах типа ИП-1А-1000 ПК величина предела прочности на сжатие является необходимым элементом при построении паспорта прочности породы. Образец размещают между стальными плитами в установочном устройстве, совмещающая ось образца с центром нижней опорной плиты испытательной машины, нагружают равномерно до разрушения со скоростью 5 МПа/с.

Через персональный компьютер, подключенной к гидравлическому прессу, запускают программное обеспечение «Пресс» и заносят исходные значения (линейные размеры, масса и влажность образца;

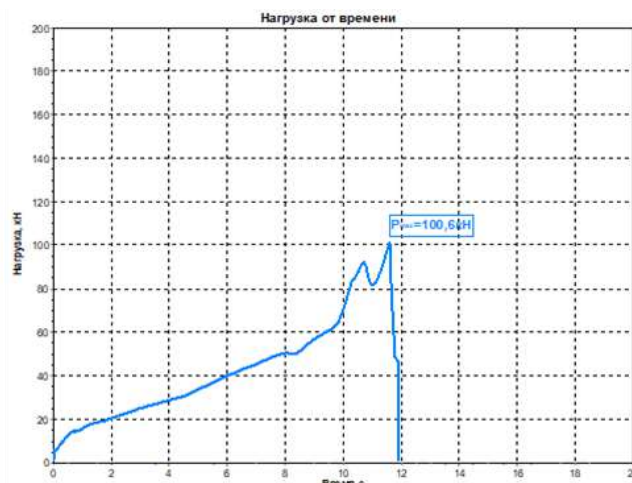
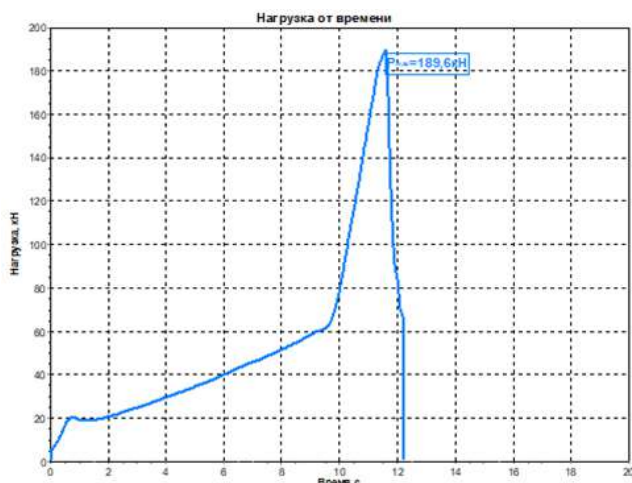


Рис.3. Фрагменты результатов испытания образцов горных пород

тип породы; название и номер образца, дата изготовления образцов, дата проведения эксперимента, номер смены каждого образца перед испытанием, а также фамилия, имя, отчество экспериментатора).

Испытательная машина фиксирует максимальную величину разрушающей образец силы P в килоньютонах (кН) (рис.3) и в автоматическом режиме определяет предел прочности каждого образца в мегапаскалях (МПа).

Исходя из вышеизложенного, отношение высоты образца к его диаметру при определении прочности пород на сжатие (с трением по торцам) необходимо принимать равным двум (или близким к этому значению). Это обеспечит необходимую точность испытаний, минимальный разброс данных, надежное сопоставление результатов с другими методами испытаний и исключит необходимость двойного определения показателя прочности.

Библиографический список:

1. Ильницкая Е. И., Тедер Р. И., Ватолин Е. С., Кунтыш М. Ф. Свойства горных пород и методы их определения. М, «Недра», 1969. С 45-52.
2. Протодьяконов М. М., Мохначев М. П. К методике определения прочности горных пород. Изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1966. 242 с.
3. Барон Л. И., Логунцов Б. М., Позин Е. З. Определение свойств горных пород. Госгортехиздат, 1962. 56 с.
4. Технический паспорт испытательной машины ИП-1А-1000 ПК (гидравлический пресс).
5. Матвеев Б.В., Михеева М. М., Карташов Ю. М. Методические указания по лабораторным испытаниям деформативности крепких горных пород при одноосном сжатии. Л., изд. ВНИИМ, 1967. 126 с.
6. Кунтыш М. Ф. О величине зоны влияния сил трения при испытании образцов на сжатие. «Научные сообщения ИГД им. А. Скочинского», вып. № 89, 1971. С 14-18.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 18-20

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE RELATIONSHIP OF THE HEIGHT OF THE SAMPLE TO ITS DIAMETER ON STRENGTH AND DEFORMATION ROCK PROPERTIES

¹Turaev A.S., Associate Professor of the Department of Mining and Processing of Ores of Rare and Radioactive Metals

¹Zhiyanov A.B., Senior Lecturer, Department of Mining and Processing of Ores of Rare and Radioactive Metals

¹Buriev Sh.U., Assistant, Department of Mining and Processing of Rare and Radioactive Metal Ores

¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

This paper presents data on the influence of the height of the sample to its diameter on the strength and deformation properties of rocks. With an increase in the vertical size of the samples, a regular decrease in the elastic modulus and an increase in the Poisson's ratio are observed. The change in the elastic constants of the rock practically stops.

Keywords: specimen, height, diameter, strength and deformation properties of rocks, elastic modulus, Poisson's ratio, stressed state of samples, hydraulic press IP-1A-1000 PK.

References

1. Ilitskaya E. I., Teder R. I., Vatin E. S., Kuntys M. F. Properties of rocks and methods for their determination. M, "Nedra", 1969. pp 45-52.
2. Protodyakonov M. M., Mokhnachev M. P. To the methodology for determining the strength of rocks. Ed. IGD them. A.A. Skochinsky, 1966. 242 p
3. Baron L. I., Loguntsov B. M., Pozin E. Z. Determination of rock properties. Gosgortekhzdat, 1962. 56 p.
4. Technical passport of the testing machine IP-1A-1000 PC (hydraulic press).
5. Matveev BV, Mikheeva M. M., Kartashov Yu. M. Methodological guidelines for laboratory tests of the deformability of hard rocks under uniaxial compression. L., ed. ATTENTION, 1967. 126 p.
6. Kuntys M. F. On the size of the zone of influence of the friction forces during compression testing of samples. "Scientific reports IGD them. A. A. Skochinsky", vol. No. 89, 1971. pp. 14-18.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫСОКОТОЧНОЙ МАГНИТОРАЗВЕДКИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО БУКАНТАУ



Максудов С.Х.,
ведущий научный сотрудник
Института сейсмологии АН РУз,
д. ф-м. н.



Туйчиев А.И.,
старший научный сотрудник
Института сейсмологии АН РУз,
к. ф-м. н.



Юсупов В.Р.,
младший научный сотрудник
Института сейсмологии АН РУз,
доктор философии (PhD)



Ядигаров Э.М.,
младший научный сотрудник
Института сейсмологии АН РУз

Maqolada Sharqiy Bukantau hududida yuqori aniqlikdagi magnit-qidiruv ishlarining natijalari keltirilgan. Proton magnetmetrlari MV-01 ("Rudgeofizika" zavodi, Sankt - Peterburg, Rossiya), Geometrics - G-856 (AQSh) ishlatilgan. Ushbu magnetmetrlarning sezuvchanligi 0,1 nTl. Anomal maydonning aniqlash xatosi 0,3-0,5 nTl. Profil bo'yicha kuzatuvlar amalga oshirildi. Kuzatuv nuqtalari orasidagi masofa 15 dan 1000 metr gacha. Natijada GIS formatidagi anomal magnit maydon xaritasi tuzildi. Xarita 50 dan 480 nTl gacha bo'lgan anomal maydonning o'zgarishi bilan ajralib turadi, bu hududning janubi - Sharqiy, janubi-g'arbiy, markaziy va shimoli-g'arbiy qismlarida anomal maydonning o'ziga xos xususiyatlari bilan ajralib turadi. Anomal elektr o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan hudud aniqlandi.

Tayanch iboralar: magnit qidirish, anomal magnit maydon, magnetometr, magnit kuzatuvlar, nanotesla, er yorig'i, ruda maydoni, maydon.

В статье приводятся результаты высокоточных магниторазведочных работ на территории Восточного Букантау. Применялись абсолютные протонные магнитометры MV-01 (Завод «Рудгеофизика», С.Петербург, Россия, Geometrics - G-856 (США). Чувствительность этих магнитометров 0,1 нТл. Точность выделения аномального поля составляет 0,3-0,5 нТл. Проводилась маршрутная съемка. Расстояние между пунктами наблюдений от 15 до 1000 метров. В результате получена карта аномального магнитного поля в GIS формате. Карта характеризуется изменением аномального поля от минус 50 до 480 нТл, с особенностями аномального поля в юго-восточной, юго-западной, центральной и северо-западной частях исследованной территории. Выявлена площадь обладающая аномальной электропроводностью.

Ключевые слова: магниторазведка, аномальное магнитное поле, магнитометр, магнитная съемка, наноТесла, разлом, рудный район, площадь.

Поиск и разведка месторождений полезных ископаемых всегда остается актуальной задачей, от решения которой зависит дальнейшее развитие того или иного региона, определенной отрасли и, наконец, страны в целом. Применение геофизических методов при поиске и разведке месторождений особенно актуально сейчас, когда все месторождения, расположенные на дневной поверхности или на небольших глубинах уже оплодотворены и разведаны. Поэтому на данном этапе стало актуальным изучение глубоких горизонтов и флангов рудоперспективных территорий, перекрытых осадочным чехлом на их перспективность на глубину. В этом плане магниторазведка является наиболее подходящим методом картирования поверхности фундамента под осадочным чехлом, выделения магматических комплексов, установления пространственного положения геологических структур, поиска рудных зон, месторождений и др.

В результате многолетних геомагнитных исследований на геодинамических полигонах Узбекистана было установлено, что локальные аномальные вариации геомагнитного поля - предвестники землетрясений в большинстве случаев имеют величину, начиная от 1-2 нТл [1-4]. Этот факт предопределил необходимость разработки методики высокоточной магнитной съемки для выявления предвестников землетрясений, начиная от 1-1,5 нТл. На метод был получен предварительный Патент в 1999 г. [5]. В результате разработки этой методики была достигнута точность выделения аномальной вариации 0,4-0,5 нТл. Данная методика может успешно применяться также для выявления слабоинтенсивных аномалий магнитного поля, связанных с рудными и нерудными месторождениями. Она была успешно апробирована в 2005 году при выполнении НИР «Изучение распространения слабомагнитных аплитовидных гранитов и пегматитов в северо-западной части хребта. Северный Нуратау в связи с наличием в них редкометального оруденения». На участке Кызылча была определена зона контактов аплитовидных гранитов и пегматитов. Позднее апробацию метода продолжили в Институте геологии и геофизики Академии наук РУз, где в течение 2009-2011 гг. на территории Алмалык - Ангрэнского

рудного региона проводились полевые исследовательские работы в рамках фундаментальных и прикладных проектов [6, 7]. С 2013 г. методика начала применяться на территории Восточного Букантау [8]. Она была применена на площадях, закрытых на 70-80 процентов осадочным чехлом.

Магнитометрическая съемка на территории Восточного Букантау проводилась методом маршрутной съемки. Расстояние между пунктами измерений составляло, в преобладающем случае 500 м. На некоторых площадях была проведена микромагнитная съемка. В этом случае шаг съемки составлял 15-50 м. В редком случае, при отсутствии большого градиента значения магнитного поля, шаг составлял 1000 м.

Всего были проложены маршруты с общей протяженностью около 2913 км, на которых были заложены 5825 пунктов магнитных съемок. Общая площадь магниторазведочных исследований составляет более 2650 км². Были выявлены аномалии в магнитном поле различной интенсивности, формы и размера (рис 1). В целом на площади магнитное поле меняется от минус 50 до 480 нТл. Охарактеризуем магнитные аномалии по порядку с восточной части исследованной территории в западном направлении.

Территория Тохтатау характеризуется более монотонным изменением магнитного поля, чем остальные территории Восточного Букантау. В пределах Тохтатау аномальное магнитное поле имеет четкую направленную тенденцию изменения, т.е. увеличение ΔT с юго-запада с 50 нТл на северо-восток до 320 нТл. Здесь заслуживающим внимания является небольшая площадь, расположенная в 3 км к северу от поселка Кериз-булак, на которой наблюдается повышенное значение поля. Площадь имеет форму эллипса с большой осью север, северо-западного направления. Поле здесь повышенное по отношению к полю прилегающих территорий и на максимуме оно составляет 230 нТл. Следующей, наиболее интересной площадью является территория Кииктау. Поле здесь является высокоградиентным. Оно меняется от фонового значения для этой площади порядка 60 нТл до 480 нТл. На этой площади при рекогносцировочной съемке было выявлено 2 аномалии магнитного поля. С целью детального исследования выявленных

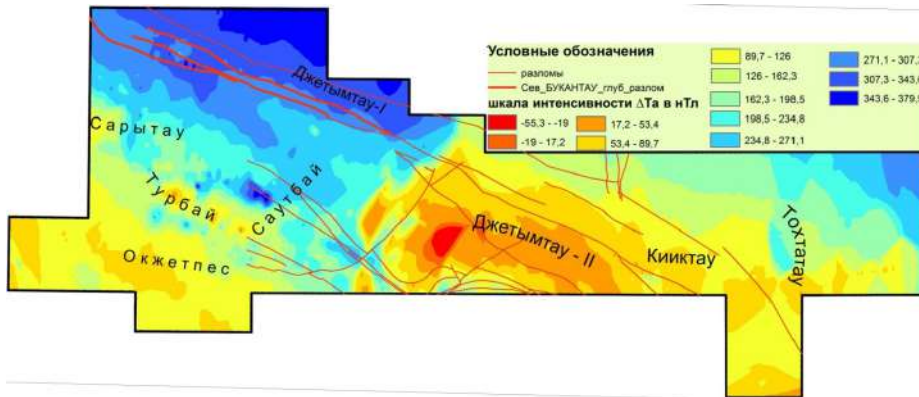


Рис-1. Схематическая карта аномального магнитного поля (ΔТ) территории Восточного Букантау

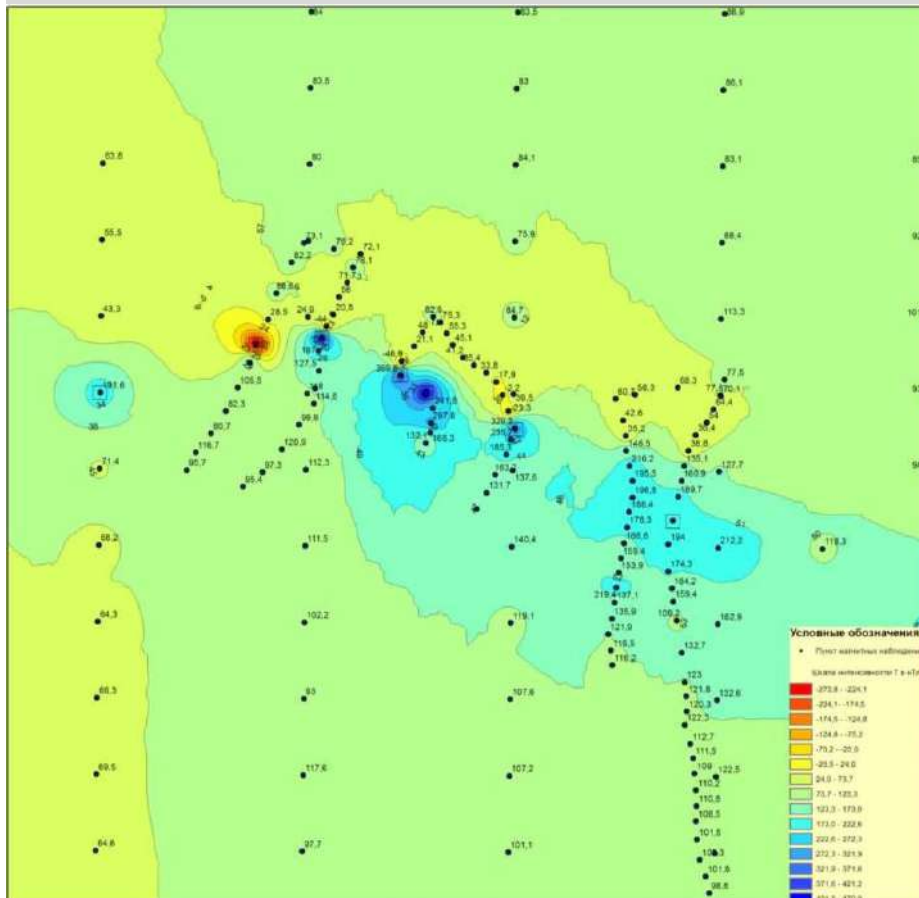


Рис-2. Результаты микромагнитной съемки на площади Кииктау:

● пункты магнитных наблюдений

этих аномалий была проведена магнитная съемка с шагом 50 м и 125 метров между профилями. В результате более четко выявлены 7 аномалий различной интенсивности и размеров (рис 2). Они составляют одну зону северо – западного простирания. Протяженность аномальной площади около 1,2 км, ширина в среднем 250 метров.

Аномалии с наиболее высокими значениями магнитного поля расположены на северо – западной части этой зоны. Самая высокая по значению аномалия приурочена к выходу кварцитов, которые выходят на дневную поверхность на северо – западной части этой аномальной зоны. Одной из наиболее крупной аномальной зоной на территории Восточного Букантау является площадь, которая имеет северо-западное простирание. Её ширина меняется от 4 до 6 км. Зона охватывает площадь к югу от Джетимтау-II, Кииктау и в юго-восточном направлении уходит за пределы территории исследований. Зона имеет однородное пониженное значение магнитного поля величиной порядка 35-40 нТл. На этом фоне выделяется площадь с отрицательным значением поля порядка -30±50 нТл. В целом площадь отличается высокими градиентами магнитного поля как положительного, так и отрицательного значений.

Территория Турбайского хребта и прилегающие площади являются одной из интересных площадей Восточного Букантау. Здесь выявлены многочисленные аномалии, различающиеся по размеру площади, интенсивности и форме. Значение аномального поля изменяется от 1-2 до 383 нТл. Наибольшая по площади проявления и интенсивности является аномалия, расположенная к северу от Турбайского хребта. Она представляет собой зону запад - северо - западного простирания, длиной порядка 5,5 км, шириной 2,0-2,5 км.

Наиболее высокими значениями аномального магнитного поля характеризуются территории, охватывающие Джетимтау-I и юго-запад от него. Общим характером изменения аномального поля является постепенный спад аномалии в юго-западном и южном направлениях. На фоне этого снижения поля выявлены многочисленные локальные аномалии.

На этой территории прослежена зона разломов северо-западной ориентации, т.е. Букантауский региональный и Граничный разломы. Отметим, что морфология, особенности изменения аномального магнитного поля не отражается в зоне Букантауского разлома, хотя разлом считается глубинным. Представляет интерес положительная магнитная аномалия на площади Саутбай-Турбай. Она представляет собой зону северо-западного простирания, длиной порядка 5,5 км, шириной 1,5-2,5 км. По оси аномальной зоны проходит разлом также северо-западного простирания. Значение магнитного поля изменяется от 180-200 нТл на краях аномальной зоны до 350-380 нТл в центральной части. Кроме этого на площади выявлены многочисленные зоны мелких положительных и отрицательных аномалий магнитного поля.

Площадь Джетимтау-I характеризуется наиболее высокими значениями аномального магнитного поля. Самое высокое значение магнитного поля величиной порядка 320-330 нТл наблюдается к северо-востоку и востоку от Джетимтау-I. Аномалия возрастает в северном направлении. Особенно noteworthy отмеченной территории является то, что здесь происходит искажение протекания суточной вариации геомагнитного поля. Это связывается с высокопроводящими свойствами пород территории. На территории широко развита сеть глубинных разломов северо-западного простирания, включая Букантауский региональный разлом. Выявленное свойство высокой электропроводимости не связано с отмеченными разломами. Это свойство проявляется на большей территории, чем зоны отмеченных разломов.

Территория месторождения Ожетпес характеризуется низкими значениями магнитного поля, составляющими от 80 до 120 нТл. Особенностью магнитного поля этой площади является наличие достаточно большой зоны минимального значения (80-100 нТл) магнитного поля. Она имеет северо-западную ориентацию. Её ширина 4,0-4,5 км, протягивается с юго - востока на северо - запад. Проведенными микромагнитными съемками на территории Ожетпесского месторождения выявлены:

- слабое повышение (7-10 нТл) поля над железорудными конкрециями;
- понижение поля над кварцевыми жилами на 5-12 нТл.

Многочисленные зоны разрывных нарушений разного ранга, в большинстве случаев, не проявились в магнитном поле. В очень редких случа-

ях, где визуально наблюдается сильное ожелезнение зоны разлома, магнитное поле повышается всего на 6-7 нТл. Приповерхностные и глубинные (до 1,0-1,5 км и более) породы- сланцы, кремнистые, карбонатные породы и гранит в виду слабой намагниченности не проявляются в магнитном поле.

На территории Восточного Букантау магнитометрическая съемка проводилась методом маршрутной съемки. Выбранный шаг 500 м. На некоторых участках, при проведении детальной микромагнитной съемки шаг измерения составлял 15-50 м. Была покрыта территория Восточного Букантау с площадью более 2650 км². В целом густота пунктов, маршрутов регулировались так, чтобы обеспечить достоверность выявленных аномалий. Выявлены аномалии в магнитном поле различной интенсивности, размера и формы. Аномальные зоны имеют субширотную, северо-восточную и северо-западную ориентации. Преобладающая ориентация - субширотная и северо-западная.

В магнитном поле отрицательное значение были зарегистрированы на территориях Кииктау, к западу от Джетымтау-II, над гранитоидным массивом Муллалы и др.

Результаты проведенных наземных высокоточных съемок на территории Восточного Букантау показали высокую эффективность и информативность этого метода на данной территории. Получена детальная характеристика магнитного поля в целом для Восточного Букантау, где территория покрыта на 80-85% мезозой-кайназойскими отложениями.

Выявлена аномальная электропроводность на территории Джетымтау-I. Ранее в пределах этой территории были выявлены положительные и отрицательные аномалии электроразведочными методами ЕП и ВП [9, 10]. Территория Восточного Букантау заслуживает проведения на ней детальных гравимагнитных исследований с целью выявления связи отмеченных геофизических особенностей с зонами рудопроявлений и месторождений на данной территории.

Библиографический список:

1. Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х. Вариации геомагнитного поля сейсмоактивных районов Изд-во "ФАН", Ташкент, 1975.-128 с.
2. Электрические и магнитные предвестники землетрясений. Под редакцией В.П.Головкова. Изд-во "ФАН", 1983.-135 с.
3. Abdullabekov K.N. Electromagnetic phenomena in the earth's Crust A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1991.-169 p.
4. Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х., Туйчиев А.И. Результаты многолетних исследований аномальных вариаций геомагнитного поля, обусловленных сейсмогеодинамическими и техногенными процессами. Геология и минеральные ресурсы, 2016. № 4.-С. 56-60.
5. Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х., Туйчиев А.И. Способ прогнозирования землетрясений. Журнал Патентного ведомства РУз., 1999. №4, предварительный Патент № 6076.
6. Максудов С.Х., Пак В.А., Каримова Г.Г., Умарова М.Э., Джурраев И. Некоторые результаты применения высокоточной магниторазведки для выявления рудных объектов на площади Ерташсай в Ангренском районе. Геол. и минеральные ресурсы. 2010. №3.-С.17-20.
7. Максудов С.Х., Пак В.А., Каримова Г.Г., Исроилов Х.Б. Некоторые новые данные о глубинном строении Алмалык-Ангренского района по материалам частотного сейсмологического зондирования и высокоточных магнитных исследований. Сборник тезисов Республиканской научно-технической конференции «Приоритетные направления геологического изучения недр, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований в Республике Узбекистан». Госкомгеология РУз, ИМП. Ташкент, 2011. С.33-35.
8. Максудов С.Х., Кремнев И.Г., Рустамов А.И., Смирнов А.Н., Туйчиев А.И., Юсупов В.Р. Предварительные результаты высокоточных магниторазведочных работ на территории Восточного Букантау. «Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении». Ташкент. 2015. С.43-46.
9. Оранский Н.И., Юсупходжаев Х.И. Закономерности размещения гранитоидных интрузивов поднятия Букантау (по геофизическим данным). Узб. геол. журн. 1980. №4.-С.24-29.
10. Земная кора Узбекистана. Коллектив. Ташкент, «Фан». 1974.-286 с.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 21-23

RESULTS OF HIGH-PRECISION MAGNETIC EXPLORATION ON THE TERRITORY OF EASTERN BUKANTAU

¹Maksudov S.Kh., Leading Researcher, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, maksudov1945@mail.ru

¹Tuychiev A.I., Senior Researcher, Candidate of Physics and Mathematics, tuychiev.1960@mail.ru

¹Yusupov V. R., Junior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) in Geological and Mineralogical Sciences, valijon.yusupov@mail.ru

¹Yadigarov E. M., Junior Researcher, yadigarov1987@mail.ru

¹Institute of Seismology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article presents the first results of high-precision magnetic exploration in the Eastern Bukantau ore region. High-precision absolute proton magnetometers MV-01 were used for magnetic survey. Absolute proton magnetometers MV-01 (Rudgeofizika Plant, St. Petersburg, Russia), Geometries - C-856 (USA) were used. The sensitivity of these magnetometers is 0.1 NT. The accuracy of the anomalous field is 0.3-0.5 NT. Profile shooting was carried out. The distance between observation points is from 15 to 1000 meters. The result is a map of the anomalous magnetic field in GIS format. The map is characterized by changes in the anomalous field from minus 50 to 480 NT, with anomalous field features in the South-Eastern, South-Western, Central and North-Western parts of the studied territory. The area possessing abnormal electrical conductivity is revealed.

Keywords: magnetic Exploration, anomalous magnetic field, magnetometer, magnetic survey, nanotesla, fault, ore region, area

References

1. Abdullabekov K. N., Maksudov S. H. Variations of the geomagnetic field of seismically active regions "FAN" publishing House, Tashkent, 1975.-128 p.
2. Electrical and magnetic precursors of earthquakes. Edited by V. p. Golovkov. FAN publishing house, 1983.-135 p.
3. Abdullabekov K. N. Electromagnetic phenomena in the earth's Crust A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1991.- 169 p.
4. Abdullabekov K. N., Maksudov S. H., Tuychiev A. I. Results of long-term studies of anomalous variations of the geomagnetic field caused by seismogeodynamic and technogenic processes. Geology and mineral resources, 2016. No. 4.- pp. 56-60.
5. Abdullabekov K. N., Maksudov S. H., Tuychiev A. I. Method of forecasting earthquakes. Journal of the Patent office of the Republic of Uzbekistan., 1999. No. 4, preliminary Patent No. 6076.
6. Maksudov S. H., Pak V. A., Karimova G. G., Umarova M. E., Juraev I. Some results of the application of high-precision magnetic prospecting to identify ore objects on the area of Yertashsay in Angren district. GEOL. and mineral resources. 2010. No. 3.- pp. 17-20.
7. Maksudov S. H., Pak V. A., Karimova G. G., Isroiлов H. B. Some new data on the deep structure of Almalyk-Angren region based on the materials of frequency seismological sounding and high-precision magnetic studies. Collection of abstracts of the Republican scientific and technical conference "Priority directions of geological study of subsoil, hydrogeological and engineering-geological studies in the Republic of Uzbekistan". Goskomgeologia of the Republic of Uzbekistan, IMR. Tashkent, 2011. pp. 33-35.
8. Maksudov S. H., Kremnev I. G., Rustamov A. I., Smirnov A. N., Tuychiev A. I., Yusupov V. R. Preliminary results of high-precision magnetic exploration in the territory of Eastern Bukantau. "Actual problems of Geology, Geophysics and metallogeny". Tashkent. 2015. pp. 43-46.
9. Oransky N. I., Yusupkhodzhaev H. I. Regularities of granitoid Intrusive placement of bukan Tau uplift (according to geophysical data). UZB. GEOL. Journ. 1980. No. 4.- pp. 24-29.
10. The Earth's crust of Uzbekistan. Collective. Tashkent, "Fan". 1974.- 286 p.

ОҚМОЗОР ИНТРУЗИВИ ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ ПЕТРОГРАФИК ХУСУСИЯТЛАРИ (ЗИЁВУДДИН ТОҒЛАРИ, ҒАРБИЙ ЎЗБЕКИСТОН)



Карабаев М.С.,
Х.М.Абдуллаев номидаги
Геология ва геофизика
институтининг, минералогия
ва геохимия бўлими мудири,
г.-м.ф. д., профессор



Оролов А.К.,
Х.М.Абдуллаев номидаги
Геология ва геофизика
институтининг, стажёр-
тадқиқотчи



Амиров Э.М.,
Х.М.Абдуллаев номидаги
Геология ва геофизика
институтининг, таянч
докторант (PhD)



Садиров Р.М.,
ЎзМУ 4-курс талабаси

Ushbu ishda G'arbiy O'zbekistondagi Ziyovuddin tog'laridagi Oqmozor intruzivini tashkil qiluvchi tog' jinslarini mikroskopik o'rganish xulosalari keltirilgan. Intruziv tog' jinslari asosiy fazani tashkil qiluvchi rogovaya obmanka-biotitli o'rta donali porfirsimon granit-adamellitlar, qo'shimcha fazaga oid mayda donali leykokrat granitlar va tomirli jinslardan – diorit, granit-porfir hamda aplit daykalaridan tashkil topgan. Ular bir – birdan mineral tarkibi, strukturasi va joylashuv xususiyatlariga asosan farq qiladi.

Tayanch iboralar: G'arbiy O'zbekiston, Ziyovuddin tog'lari, Oqmozor intruzivi, magmatik tog' jinslar, fazalar, granit va granodioritlar, daykalar, aplit, mineral tarkib.

В данной работе приведены результаты микроскопического изучения различных пород Акмазарского интрузива в горах Зиаэтдин Западного Узбекистана. Интрузив сложен из среднезернистых порфировидных рогово-обманково-биотитовых гранит-адамеллитов основной фазы, мелкозернистых лейкократовых гранитов дополнительной фазы и жильных пород – кварцевых диорит-порфиритов, гранит-порфиров и аплитов, которые отличаются минеральным составом, структурными особенностями и особенностями размещения.

Ключевые слова: западный Узбекистан, горы Зиаэтдин, Акмазарский интрузив, магматические образования, фазы, гранит и гранодиориты, дайки, диорит-порфирит, аплит, минералогический состав.

Маъданли конларнинг магматик ҳосилалар билан генетик боғлиқлиги аниқлангангач [1,2,3] турли ҳудудлардаги интрузив, жумладан гранитоид тоғ жинсларини тадқиқ қилиш муҳим назарий ва амалий аҳамият касб этади. Ушбу асослардан келиб чиққан ҳолда, қуйида Ғарбий Ўзбекистоннинг Зиёвуддин тоғларида жойлашган Оқмозор гранитоид интрузиви тоғ жинсларини ўрганиш геологик тадқиқот ишларининг долзарб масалаларидан бири деб таъкидлашимиз мумкин.

Зиёвуддин тоғлари Жанубий Тянь-Шан структура-формация зонасининг Зарафшон-Туркистон бурмаланган системасида, Зарафшон тоғ тизмасининг шимолий – ғарбий томонида жойлашган ва унча баланд бўлмаган шимолий-ғарб томон чўзилган баландликлар сериясидан иборат. Улар қуйи палеозойнинг (қуйи ва юқори силур, девон) чўкинди-метаморфик ҳамда турли таркиб ва ёшдаги магматик тоғ жинсларидан ташкил топган. А.С.Аделунг ва В.Д.Чеховичларнинг маълумотларига кўра, бу ердаги энг қадимги ҳосилалар палеозой ётқиқликлари қаттормой свитаси ($S^{n_1} + Pz_1$) бўлиб, Ю.А.Лихачев, В.С.Владимирский ва бошқалар ушбу свитани Марказий Қизилқумдаги ауминза ва тасқазган свиталарига қиёслашган [4].

Зиёвуддин тоғларининг геологик ривожланиш босқичи бир нечта йирик мустақил даврларга ажратилади: биринчи давр каледон – меридионал бурмали структураларнинг ривожланиши билан боғлиқ; иккинчи давр герцин – шимолий-ғарбий йўналишдаги узилмалли структуралар ва йирик гранитоид магматизмининг ривожланиши билан боғлиқ; учинчи давр мезокайнозой тектогенез жараёнларини ўз ичига олади. Хусусан, каледон ва герцин тектогенезида шакланган структуралар муҳим аҳамиятга эга. Эрта тектономагматик цикл бурмали ва уларни мураккаблаштирувчи узилмалли структуралар сериялари шаклланиши билан боғлиқ. Ўрта цикл гранитоидларнинг ҳосил бўлиши ва кўплаб формациялараро ҳараткатлар билан тавфисланади. Яқунланувчи цикл эса дайкаларнинг ривожланиши билан тавфисланади.

Зиёвуддин тоғларининг магматик ҳосилалари А.С.Аделунг, Х.Н.Баймухамедов, Е.И.Барковская, Э.С.Сорокин, Э.П.Изох, Н.А.Лосев, Г.К.Ляшенко, И.В.Мушкин, А.Ф.Свириденко, И.Х.Хамрабаев ва бошқалар томонидан ўрганилиб келинган [5,6,7]. Майдоннинг интрузив магматизми асосан гранитоидли бўлиб,

гранодиорит-адамеллит-гранитлардан ташкил топган ва 370 км² эгаллайди. Бу барча палеозой ҳосилаларининг 34,2% тўғри келади. Интрузив тананинг асосий массаси калий-натрий далашпатли гранитоидлардан иборат, ўрта нордонли эффузивлар, нордон ва ўрта таркибли жинслар кам тарқалган бўлиб, улар гипербазитлар, габброидлар, тоналитлар ва асос таркибли вулканитлардан ташкил топган.

И.Х.Хамрабаев бўйича [8] магматик комплекслар схемаси қуйидагича:

- 1 - ородовик – қуйи силур вулканогенлари;
- 2 - силур – девон вулканогенлари;
- 3 - қуйи – ўрта карбон базит ва ултрабазит комплекси;
- 4 - юқори карбон – қуйи перм гранитоид комплекси

интрузивлари, қуйидаги таркибий кетма-кетликда: а) диорит, кварцли диоритлар; б) гранодиоритлар; в) гранитлар; г) аляскитлар;

А.Ф.Свириденко, Х.Н.Баймухамедов ва бошқа тадқиқотчилар ҳам тахминан ушбу магматик комплекслар схемасига асосланишган.

Зиёвуддин тоғларининг интрузивлари асосан гранодиорит формациясига мансуб бўлиб, хусусан бу ерда (шарқдан ғарб томонга) Қарноб, Оқмозор, Гунжак, Майзак, Қўшқудук, Чайдароз интрузивлари ва бир қатор кичик таналардан таркиб топган (1-расм).

Ушбу интрузивлар И.Х.Хамрабаев, А.Ф.Свириденко, Х.Н.Баймухамедов, А.С.Аделунг, Е.И.Барковская, Э.С.Сорокинлар томонидан ўрганилган бўлиб, улар таркибига тааллуқли бирламчи маълумотлар тўплами келтириб ўтилган [9]. Ушбу интрузивларнинг барчаси магматизмининг асосий фазасида шакланган бўлиб, уларнинг орасида фақатгина Оқмозор ва Қўшқудук интрузивлари йирикроқ ҳисобланади. Шу билан бирга ушбу массивларда интрузивнинг иккинчи фазаси – гранодиорит-гранит формацияси жинслари кўпроқ тарқалган.

Ҳудудда биринчи тартибли йирик буриали структура – Зириабулқоқ – Зиёвуддин антиклинорияси мавжуд бўлиб, В.И.Поповнинг фикрича [4], у жанубий Тянь-Шан тоғ тизмасининг Зарафшон ост зонаси таркибига қиради. Ушбу бурмали структура иккинчи тартибли антиклинал ва синклинал қурилмалардан ташкил топган. Бурмали структуралар кўплаб, турли йўналиш ва узунликдаги узилмалли структуралар билан мураккаблашган. Ушбу узилмалли структуралар магматик ва постмагматик ҳосилаларни шаклланиши ҳамда жойлашувида муҳим аҳамиятга эга.



Зиёвуддин тоғларининг геологик схематик харитаси

(В.С.Корсаков, Э.С.Сорокин, Е.И.Барковская ва б. буйича).

1-мезокайнозой ётқизиклари; 2-лейкокатли гранитлар; 3-биотитли гранитлар; 4-роговая обманкали адамеллитлар; 5-қумтош-сланецли ётқизиклари; 6-қумтош-сланецли ётқизиклар охактош қатламлари билан; 7-карбонатли ётқизиклар. **Интрузивлар:** I-Қарноб, II-Оқмозор, III-Гунжак, IV-Майзак, V-Қўшқудуқ VI-Чайдароз

1-расм. Зиёвуддин тоғлари схематик геологик харитасида гранитоид интрузив таналарининг жойлашув майдонлари

Зирабулоқ тоғлари каби, Зиёвуддин тоғлари интрузивлари ҳам шимолий-ғарб ёки кенглик йўналиши бўйича чўзилган ва бурмали антиклиналниң ядро қисмида жойлашган. Оқмозор, Гунжак ва Чайдароз интрузивларининг бир қисми мезокайнозой ётқизиклари билан қопланган. Зиёвуддин массиви гранитоидлари гранодиорит формациясига тааллуқли бўлгани билан массивниң асосий майдони гранитлардан ташкил топган, аниқроғи гранит ва гранодиоритларниң оралиқ таркибига тўғри келади.

Асосий фазага тааллуқли бўлган гранит-гранодиорит-порфирлар учун биотитниң кам микдордалиги (5-8%) ва асосий таркибли плагиоклазлар (андезин; 28-40% гача) мавжудлиги характерли ҳисобланади. Калийли дала шпати (микроклин, микроклин-микропертит) 19-30%, кварц 25-35% микдоргача бўлади. Порфир ажралмалари асосан плагиоклаз ва микроклиндан иборат. Зиёвуддин тоғлари интрузивлари, Зирабулоқ интрузивларига қараганда, гранитоидларниң эндоконтактлари камроқ ўзгаришга учраган. Фақатгина, Оқмозор ва Қўшқудуқ интрузивларида жинсларниң асослиги ошиши кузатилади. Демак, Зиёвуддин тоғларининг гранитоидлари, Зирабулоқ гранитоидларига қараганда нордонроқ бўлиб, шимолий-шарқдан (Қоратепа тоғларидан) ғарбга томон (Зиёвуддин тоғлари томон) магма ҳосил бўлишда ассимиляция жараёнлари камайиб боради [4].

Зиёвуддин тоғларидаги барча гранитоид массивлар магматизмниң тўртта фазасида ривожланган бўлиб, диорит ва кварцли диоритдан лейкогранитли гранитлар петрогенетик қаторни ташкил этади [4].

Оқмозор интрузиви қўшимча фазасининг томирли ҳосилалари орасидан гранодиорит-аплит, микрогранит ва пегматитлар ажратилади. Ушбу ҳудудда микрогранитлар Зирабулоқ, Қоратепа интрузивларига қараганда камроқ тарқалган. Бу ерда улар асосан унча қалин бўлмаган дайкалар қўринишида намоён бўлиб, уларни қамровчи гранодиорит ва гранитлардан фақат майда донали структураси билан фарқ қилади.

Майдонда энг кўп ривожланган томирли ҳосила – аплитлар ҳисобланади. Улар асосан дайкалар ва томирлар қўринишида ривожланган ва кенглик бўйлаб йўналган. Аплитлар асосан массив текстура ва бир хил-ўрта донали тузилишга эга. Таркиби асосан плагиоклаздан (альбит), кучсиз пертитлашган микроклиндан ва кварцдан иборат. Жинс таркибида майда тангачасимон биотитлар (2% атрофида) ҳам мавжуд. Бундан ташқари аксессуар минераллардан турмалин, апатит, цирконлар учрайди.

Оқмозор интрузиви Қарноб интрузивидан 8 км шимолий-ғарбда жойлашган. У қуйи ва ўрта девон саппен свитаси қумтош – сланецларини (охактош қатламчалари билан) ёриб чиққан бўлиб, жанубий-шарқ ва шимолий-ғарбдан бўр системаси ётқизиклари билан қопланган. Интрузив тана бурмаланган антиклиналниң ядросида жойлашган ва шимолий-ғарб йўналиш бўйича чўзилган. Интрузивниң юзага чиқиб қолган қисми 22 км² ни ташкил этади. Интрузив биотитли, баъзи жойларда порфирсимон (γ_3) ва лейкокат (аляскит) гранитлардан (γ_4) таркиб топган. Томирли ҳосилалардан лампрофирлар, гранит – аплитлар учрайди [10]. Оқмозор массивининг мутолқ ёши, К-Аг усули маълумотлари бўйича – 270 млн. йил, яъни эрта перм (P_1) даврига тўғри келади [10]. Интрузивни асосан ўрта, кўпроқ йирик донали биотитли гранитлар ташкил



2-расм. Оқмозор интрузив массивидаги тоғ жинсларининг турлари ва структуравий хусусиятлари

этади. Интрузивниң шимолий – шарқий контактидаги томирли интрузив жинслар лейкокатли (мусковитли) гранитлардан иборат. Ушбу таналар, Қаттормой олтиндор камарига тааллуқли бўлган кварц томирларини кесиб ўтади [9].

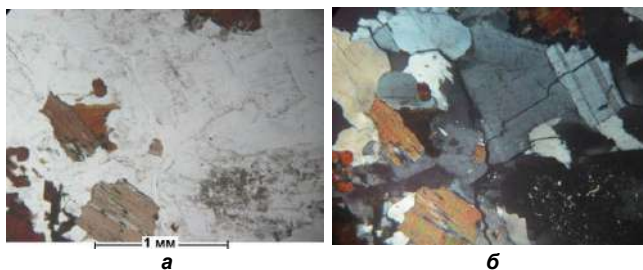
Оқмозор интрузив массивида асосий фазани ташкил қилувчи роговая обманка – биотитли ўрта – йирик донали порфирсимон гранит – адамеллитлар, қўшимча фазага оид майда донали лейкокат гранитлар ва томирли жинслардан диорит, гранит – порфир ҳамда аплит дайкалари қайд этилган (2-расм). Қуйида ушбу тоғ жинсларининг минералогик – петрографик, текстура – структуравий ва кимёвий таркибига оид изланишлар натижалари акс этирилган.

Ўрта-йирик донали порфирсимон биотитли гранит-адамеллитлар. Шлиф ЗД-7. Минералогик таркиби: плагиоклаз 35%, калийли дала шпати 30%, кварц 25%, биотит 5-7%, серицит (плагиоклазлар бўйича ривожланган) 1-2%, пелитоморф гилли моддалар (калийли дала шпати бўйича ривожланган) 3-5%, хлорит (биотит бўйича ривожланган) 0,5-1%, анатаз (биотит бўйича ривожланган) 0,1-0,3%, апатит – микропризматик кристаллар қўринишида учрайди. Структураси – гипидиоморф порфирсимон ўрта донали, текстураси – массив (3-расм. а,б).

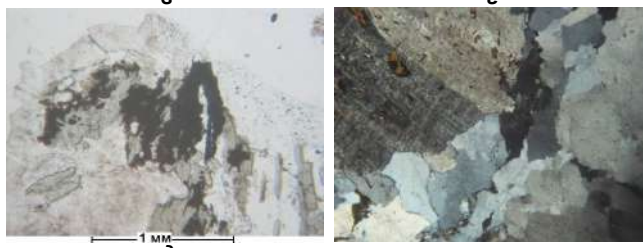
Тоғ жинси полисинтетик қўшалокланган ва камроқ микдорда серицит тангачалари билан тўйинган плагиоклазлардан ташкил топган. Плагиоклаз кристалл доналари таблеткасимон ва изометрик қўринишга эга, узунлиги 1,5 мм гача. Калийли дала шпати кўнгир-кул рангда (расм-3 а,б - пастда чап томонда), кристалл доналари пелитлашган (иккиламчи гилли минераллар микротангачалар қўринишида тўпланган).

Биотит қизғиш – жигар рангда, кўпинча кристалл доналари гипидиоморф шаклда, узунлиги 0,15 дан – 0,65 мм гача. Асосан чекка деворлари бўйича ёки уланиш текисликлари орасида, хлорит ва микро ажралмалар кўринишида анатаз учрайди (биотит доналаридаги қора фонда акс этган). Кварц кристалл доналари изометрик нотўғри кўринишга эга, узунлиги 0,2-0,6 мм. Апатит – кристаллари призматик микродоначалари кўринишига эга, узунлиги 0,01 мм дан ошмайди. Апатит одатда, плагиоклаз доналарининг чекка ёки биотит билан туташган қисмларида учрайди. Хлоритлашув камроқ миқдорда биотит бўйича ривожланган.

Ўрта донали порфирсимон биотитли гранит. Шлиф Зд–9. Минералогик таркиби: плагиоклаз 30%, калийли дала шпати 35%, кварц 25%, биотит 5-7%, серицит (плагиоклаз бўйича ривожланган) 1-2%, калийли дала шпати бўйича ривожланган пелитоморф гилли модда 3-5%, хлорит - биотит бўйича 0,5-1%, анатаз ва рутил - биотит бўйича 0,1-0,3% ташкил этади. Структураси гипидиоморф хар хил донали, текстураси массив (3-расм. в-ж). Тоғ жинси юқоридаги (Зд-7) намуна билан ўхшаш, аммо тўқ рангли минераллари кўпроқ хлоритлашган. Титан миқдори юқори бўлган биотитларнинг хлоритлашиши натижасида рутил ва анатаз нотўғри кўринишдаги кристаллар тўпламларини ҳосил қилган. Ушбу жинсдаги калийли дала шпатларнинг йирик кристалларида микроклинга хос бўлган панжарасимон микро қўшалоқлиниш кузатилади.



Шаффоф шлиф Зд-7

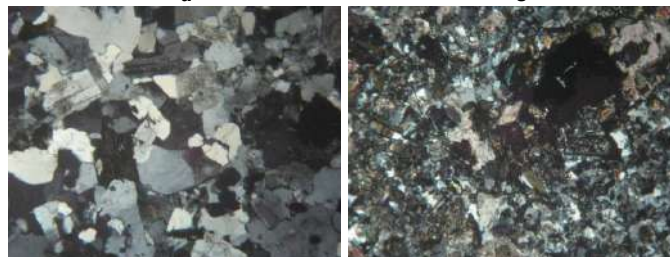


Шаффоф шлиф Зд-9

3-расм. Оқмозор интрузиви асосий фазасига тааллуқли ўрта донали порфирсимон гранит-адамеллитлар минерал таркиби ва структуравий белгилари (а, в, д – николлар параллел; б, г, е – николлар кесишган)

Майда донали лейкократли гранитлар. Шлиф Зд-103. Минералогик таркиби: плагиоклаз 25-30%, калийли дала шпати 35%, кварц 35%, биотит (у бўйича ривожланган лейкоксен ва хлорит билан) 2-3% ташкил этади. Структураси гипидиоморф майда донали, текстураси массив (4-расм).

Жинс кўринишидан бир хил доналига ўхшайди. Барча минералларнинг кристалл доналари ўлчами 0,15 дан 0,5 мм га тенг. Плагиоклаз кристалл доналари таблеткасимон, калийли дала шпати кристалл доналари эса изометрик ва баъзан таблеткасимон кўринишларга эга. Кварц доналари изометрик, юмолоқланган кўринишларда, лекин кўпроқ дала шпатлари кристалл доналари ўртасида догсимон кўринишларга жойлашган. Биотит кристаллари кўпроқ хлоритлашган ва уланиш текисликларидаги дарзликлар бўйлаб, микродонали лейкоксен (рутил) ажралмалари кузатилади.



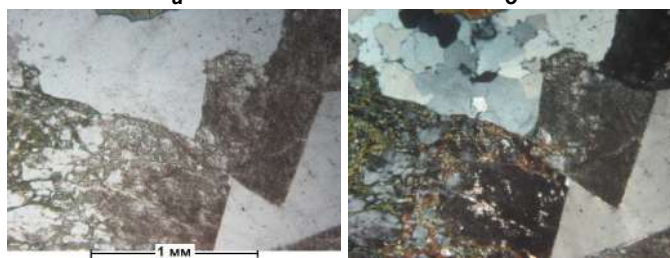
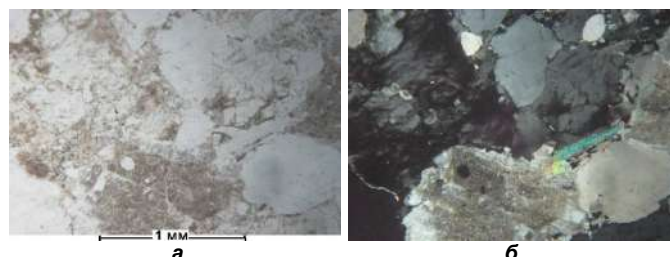
Шаффоф шлиф Зд-103

Шаффоф шлиф Зд-8

4-расм. Оқмозор интрузиви кўшимча фазасига оид майда донали лейкократ гранитларнинг (шаффоф шлиф Зд-103) ва кварцли диоритларнинг минерал таркиби ва структуравий белгилари (шаффоф шлиф Зд-8; а, в – николлар параллел; б, г – николлар кесишган)

Майда донали кварцли диорит-порфирит. Шлиф Зд-8. Кўпроқ хлоритлашган ва соссюритлашган, камроқ карбонатлашган. Минералогик таркиби: плагиоклаз 50-55%, кварц 7-10%, калийли дала шпати 10-15%, роговая обманка 3-5%, биотит (хлорит билан) 10-15%, магнетит 1-2%, лайкоксен 1-2%, кальцит 2-3%, гранат камроқ, алохида микродоналарни ташкил этади. Структураси гипидиоморф майда донали, мета ўзгаришлар натижасида бузилган (ўзгарган). Текстураси массив (4 в, г расм).

Тоғ жинси таркибида плагиоклазлар устунлик қилади. Плагиоклазлар кристалл доналари (0,15-0,35 мм) таблеткасимон кўринишга эга, кўпроқ соссюритлашган. Калийли дала шпати, кварц, анча хлоритлашган биотит ва кўнғир-яшил рангли роговая обманка доналари жинс таркибида бир хил ўлчамда (одатда нотўғри, призматик кўринишда) тарқалган. Биотитнинг хлоритлашуви натижасида, уланиш текисликларидаги дарзликлари бўйлаб лейкоксен ажралади. Магнетит камроқ, лекин ушбу жинс учун етарли даражада йирик, гипидиоморф донали кўринишда учрайди (4-в - қора рангда). Гранат кристалл доналари изометрик (0,15 мм) ҳолатда.



5-расм. Турли донали томирли пегматоидли гранитнинг минерал таркиби ва структуравий белгилари (шл. Зд-104; а, в – николлар параллел; б, г – николлар кесишган)

Турли донали томирли пегматоидли гранит. Шлиф Зд-104. Минералогик таркиби: кварц 40%, калийли дала шпати 40%, плагиоклаз (альбитлашган) 35%, турмалин 2-3%, серицит 0,3-0,5% ни

ташкил этади. Структураси гипидиоморф донали, микрокатакластик элементлари билан (5-расм). Тоғ жинси кучсиз альбитлашган ва эпидотлашган. Тоғ жинси кварц ва калийли дала шпати миқдори юқорилиги билан, таркиби ва структураси бўйича ҳамда кристаллари ҳосил қилган хошиялар пегматитлар учун хос хусусиятдир.

Кўплаб плагиоклаз кристалл доналари альбитлашган, таблеткасимон ва изометрик доналари атрофида альбит хошиялари ривожланган. Ушбу хошиялар ёнида калийли дала шпати ва кварцларнинг понасимон кристалл доналари мавжуд (расм-5 б, г), калийли дала шпатынинг йирик доналарида юққа катаклаз структуралари ҳамда томирсимон кўринишда тўпланган

яшилсимон турмалин кристали учрайди (расм-5 б, г пастки ўнг томонида). Кварц шлифда майда овалсимон кўринишда бўлиб, унинг ҳар бир доналари узунлиги 0,1 мм ли алоҳида майда зарралардан таркиб топган.

Зиёвуддин тоғлари Оқмозор интрузив массивида асосий фазани ташкил қилувчи роговая обманка-биотитли ўрта донали порфирсимон гранит-адамеллитлар, қўшимча фазага оид майда донали лейкократ гранитлар ва томирли жинслардан - диорит, гранит-порфир, пегматит ҳамда аплит дайкалари қайд этилган. Улар бир-биридан минерал таркиби, структураси ва жойлашув хусусиятларига асосан фарқ қилади.

Библиографик руйхат:

1. Абдуллаев Х.М. Генетическая связь постмагматических рудных месторождений с интрузивными породами // тез. Докл. юбилейной сессии АН УзССР, посвящ. 25-летию. УзССР. Ташкент, 1949.-С.78-80.
2. Абдуллаев Х.М. Магматизм и оруденение Средней Азии // Ташкент: Изд-во. АН УзССР, 1960.-147 с.
3. Карабаев М.С. Геохимические данные как основа прогноза и решения генетических вопросов золото-редкометалльного оруденения (горы Восточный Букантау) // Геология и минеральные ресурсы №3. Ташкент, 2015.-С.15-20.
4. Под ред. Хамрабаева И.Х. Петрография Узбекистана. Ташкент: Наука, УзССР Кн. 2, 1965.-660 с.
5. Ефименко И.М., Петров В.М. Основные черты магматизма и металлогении Зирабулак-Зиаэтинских гор Западного Узбекистана. // Закономерности размещения полезных ископаемых, т. V. Москва., 1962.- С.229-250.
6. Корсаков В.С. О распространении вулканогенных пород в Зирабулак-Зиаэтинских горах. // Вопросы палеовулканизма Узбекистана. Ташкент, 1968.-С.131-135.
7. Кушмурадов О. Магматические формации и фации Узбекистана. Изд-во. Ташкент: "ФАН" УзССР, 1977.-336 с.
8. Хамрабаев И.Х. Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1958.-479 с.
9. Исох Э.П., Юдалевич З.А. и др. Формационный анализ гранитоидов Западного Узбекистана. Новосибирск: Наука, 1975-518 с.
10. Под ред. Хамрабаева И.Х. Каталог интрузивных массивов Узбекистана. Часть II. Ташкент: Фан, 1975.-431 с

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 24-27

PETROGRAPHIC FEATURES OF ROCKS OF THE AKMAZAR INTRUSIVE (ZIAETDIN MOUNTAINS, WEST UZBEKISTAN)

¹Karabaev M.S., Head of the Department of Mineralogy and Geochemistry, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, karabayev-61@mail.ru

¹Orolov A.K., Intern - researcher, Kh.M.Abdullayev Institute of Geology and Geophysics, orolov92@gmail.com.

¹Amirov E.M., PhD student of the Institute of Geology and Geophysics named after H.M.Abdullaev, amirov.7992@gmail.com

²Sadirov R.M., 4th year student of the faculty of geology and geoinformation systems, National University Uzbekistan named after M.Ulugbek.

¹Institute of Geology and Geophysics named after N.M. Abdullaev, Tashkent, Uzbekistan

²National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

This paper presents the results of a microscopic study of various rocks of the Akmazar intrusive in the Ziaetdin Mountains of West Uzbekistan. The intrusive is composed of medium-grained, porphyritic horn-blende-biotite granite of the adamellite of the main phases, fine-grained leucocratic granite of an additional phases and residential rocks-quartz diorite-porphyrity, granite-porphyrity and aplite, which are distinguished by mineral composition, structural peculiarity and placement peculiarity.

Keywords: West Uzbekistan, Ziaetdin Mountains, Akmazar intrusive, igneous rocks, phases, granite and granodiorites, dikes, diorite-porphyrity, aplite, mineralogical composition.

References

1. Abdullayev Kh.M. Genetic relationship of postmagmatic ore deposits with intrusive rocks // thesis, reports of the jubilee session of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR, dedicated to the 25th anniversary. Uzbek SSR. Tashkent, 1949. – pp.78-80.
2. Abdullayev Kh.M. Magmatism and mineralization of Central Asia. Tashkent : publishing house Academic of Sciences Uzbek SSR, 1960. – 147 p.
3. Karabayev M.S. Geochemical date as the basis for forecasting and solving genetic issues of gold-rare-metal mineralization (mountains Eastern Bukantau) // Geology and mineral resources №3. Tashkent, 2015. – pp.15-20.
4. Edited by Khamrabayev I.Kh. Petrography of Uzbekistan. Tashkent, sciences book №2, 1965. – 660 p.
5. Efvimenko I.M., Petrov V.M. The main features of magmatism and metallogeny of the Ziraubulak – Ziaetdin mountains of Western Uzbekistan // Patterns of mineral deposits, vol.5. Moscow, 1962. – pp.229-250.
6. Korsakov V.S. On the distribution of volcanogenic rocks in the Ziraubulak – Ziaetdin mountains // Paleovolcanism of Uzbekistan. Tashkent, 1968. – pp.131-135.
7. Kushmuradov O. Magmatic formation and facies of Uzbekistan. Tashkent: "FAN" Uzbek SSS, 1977. – 336 p.
8. Khamrabayev I.Kh. Magmatism and postmagmatic processes in Western Uzbekistan. Tashkent: publishing house of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1958. – 479 p.
9. Isoh E.P., Yudalevich Z.A. and etc. The formation analysis of the granitoids from the West Uzbekistan Region. Novosibirsk: publishing house "NAUKA", 1975. – 518 p.
10. Edited by Khamrabayev I.Kh. Catalog of intrusive massifs of Uzbekistan. Part 2. Tashkent: "FAN", 1975. – 431 p.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ И РУДОНОСНОСТЬ ЗИРАБУЛАК-ЗИАЭТДИНСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА



Пирназаров М.М.,
научный сотрудник сектора
"Прикладная геохимия",
ГП "ИМП", д. г-м. н.,
профессор



Марипова С.Т.,
главный научный сотрудник
"Центра информационных
технологий" ГП "ИМП", к.г-м.н.



Хошжанова К.К.,
доцент кафедры «Геохимия и
минералогия», Национальный
университет Узбекистана,
им.Мирзо Улугбека, к.г-м.н.



Аширов М.Б.,
доцент кафедры «Геодинамика
и тектоника», Национальный
университет Узбекистана
им.Мирзо Улугбека, к.г-м.н.

Zirabuloq-Ziyoviddin tog'-ma'danli rayonining geologik formatsiyalari va ma'dandorligi ko'rib chiqilgan. Hudud maydonida 5 turdagi tog' jinsi majmualari ajratilgan: 1) karbonat-effuziv-terrigen O_2-3-S_1 formatsiyasi quyi silurni karbonat-qumtosh-slanetsli va karbonat-effuziv-terrigen fatsiyasi bilan; 2) karbonatli formatsiya (S_1-D_2) dolomitli, kremniy-karbonatli, yuqori devonning ohaktoshli hamda quyi devonning ohaktoshli va ohaktoshli-dolomitli fatsiyalari bilan; 3) effuziv-karbonat-terrigenli formatsiya (S_2-D_{1-2}) karbonat-terrigen va effuziv-terrigen fatsiyalar bilan; 4) porfirli-shilrli (C_1) karbonat-terrigen va terrigen-vulkanogen fatsiyalar bilan; 5) konglomeratlar, gravelitlar, polimiktili qumtoshlar, alevrolitlar, to'q-kul rang va qora rangli kvarts-slyudali slanetslardan tashkil topgan – molassali (C_2). Rayonning ma'dandorligi oltin, kumush, volfram, qalayi, uran, mis kabi foydali qazilmalarning joylashuvi bilan belgilanadi.

Tayanch iboralar: Zirabuloq-Ziyoviddin tog'lari, G'arbiy O'zbekiston, ma'dandorlik, formatsiya, fatsiya, karbonat, effuziv, terrigen, svita, yetqiziqalar.

Рассмотрены геологические формации и рудоносность Зирабулак-Зияэтинского горнорудного района. На площади района установлены 1) карбонатно-эффузивно-терригенная O_2-3-S_1 формация с карбонатно-песчано-сланцевой и карбонатно-эффузивно-терригенной фациями нижнего силура; 2) карбонатная (S_1-D_2) формация с доломитовой, кремнисто-карбонатной, известняковой фациями верхнего девона; известняковой и известняково-доломитовой фациями возраста нижнего девона; 3) эффузивно-карбонатно-терригенная (S_2-D_{1-2}) формация с карбонатно-терригенной и эффузивно-терригенной фациями; 4) порфирово-шпировая (C_1) с карбонатно-терригенной и терригенно-вулканогенной фациями; 5) молассовая (C_2) – состоящая из конгломератов, гравелитов, песчаников полимиктовых, алевролитов, кварцево-сланцевых сланцев темно-серого и черного цветов. Рудоносность района определяется размещением таких полезных ископаемых как золото, серебро, вольфрам, олово, уран, медь и др.

Ключевые слова: Зирабулак-Зияэтинские горы, Западный Узбекистан, рудоносность, формация, фация, карбонат, эффузив, терриген, свита, отложения.



Рис.1. Расположение Зирабулак-Зияэтинских гор в Центральных Кызылкумах

Зирабулак–Зияэтинские горы и их обрамление слагают одноименный горнорудный район, расположенный на юго-востоке Центральных Кызылкумов (рис.1) и имеет ряд присущих ему особенностей.

Большой вклад в изучение геологического строения, тектоники, магматизма, рудоносности и других особенностей развития Зирабулак–

Зияэтинского горнорудного района внесли Х.М. Абдуллаев [1], И.Х. Хамрабаев [19], Х.Н. Баймухамедов [2], Х.Р. Рахматуллаев [12], А.А. Бухарин [6], В.Н. Ушаков [15], и др. Оловорудные месторождения и закономерности их размещения в геологических формациях района изучал И.А. Усманов, Т.Э. Видусов и др. По шеелитовым месторождениям исследования проводили В.Н. Ушаков, О.Т. Розиков и др. В последние десятилетия трудами Т.Н. Далимова [7], Ахунджанова Р. [4], Р.Х. Миркамалова Ф.К. Диваева [8], М.М. Пирназарова [13] и других исследователей были пересмотрены этапы геологического развития, геодинамика домезозойского фундамента [12], эволюция магматизма, металлогения [11], стадийность минералообразования [10] и геохимическая типизация золоторудных месторождений Зирабулак–Зияэтинских гор.

К настоящему времени на домезозойском фундаменте и перекрывающем его осадочном чехле рассматриваемой территории выявлен целый ряд рудных полезных ископаемых – олово (Карнаб), вольфрам (Ингичка), золото (Янги Давон, Каракутан), медь (Рабинджан), уран (Кетменчи) и другие [15]. Реальный потенциал представления объективной картины металлогенического облика региона владеют только материалы по интенсивности проявления и особенностям распределения в геологических формациях рудных месторождений и проявлений различных металлов.

Применение современных компьютерных технологий в сочетании с имеющимися фактическими материалами геологоразведочных работ по исследуемой территории являются одним из актуальных путей повышения точности прогнозирования рудных месторождений. Использование компьютерных технологий в подобном сочетании позволит опера-

тивно проводить многовариантное моделирование и автоматизированные пересчеты количественных параметров ресурсного потенциала, установить глубины залегания прогнозируемых объектов и обоснованно перейти к более детальным этапам исследований. При этом важную системообразующую роль играют цифровые материалы ГИС-проектов, представляющие собой относящуюся к одной пространственно-временной области коллекцию картографических слоев и атрибутивных данных, предназначенных для комплексного анализа.

Для изучения пространственно-временных связей объектов с разнообразными металлическими полезными ископаемыми, с определенными типами геологических формаций выполнены работы в следующей очередности:

1. Были изучены и систематизированы фондовые, опубликованные и архивные источники информации по Зирабулак–Зиаэтинскому горнорудному району. В результате проведенных работ подготовлен обзор геологического строения района работ. Отобраны картографические материалы для подготовки базы данных ГИС-проектов золоторудных и урановых объектов Зирабулак–Зиаэтинского горнорудного района для повышения эффективности геологоразведочных работ.

2. Переведены в цифровой формат (в программе MapInfo, ArcGIS) следующие графические материалы: формационно-геологическая (В.Н. Ушаков, Л.М. Панасюченко, 1980); карта изолиний потенциала естественного электрического поля, аномальных геохимических полей на золото с введением атрибутивной таблицы и диапазонов интенсивности естественного электрического поля (П.Э. Закинов, 1992); составленные для исследуемого региона геологическая и тектоническая карта масштаба 1:200000 (А.К. Бухарин, 1989), карты аномального магнитного поля и силы тяжести (В.А. Герасимова, К.М. Герман, А. Ишмухамедов, Л.Н. Котляревский, И.Г. Кремнев и др., 1968), карты изоконцентрации калия и тория по материалам азроспектрограммассъемки (Я.С. Замиралов, В.И. Климов, 1972).

3. По созданной электронной картографической базе выполнен статистический металлогенический анализ в среде ArcGIS.

Методика статистического металлогенического анализа, использованная в настоящей работе разработана академиком Ф.А. Усмановым [17] и представляет собой информационную технологию, включающую систему компьютерных программ решающих более 30 типовых геологических задач и базу электронных геологических, геофизических и геохимических карт исследуемой территории. В зависимости от исходных данных и решаемых вопросов, технологию можно применить для регионального, локального и детального прогнозирования.

В данной работе использованы 2 метода - метод плотности рудных объектов и метод прогнозирования по комплексу карт.

1. Для выявления закономерностей пространственного распределения рудных объектов, использован метод скользящего окна, аналогичный широко применяемому в геофизике методу усреднения поля. Алгоритм анализа данных сводился к следующему: вся территория, где обнажаются палеозойские формации, покрывается квадратной сеткой с шагом 0,5 км [18]. В каждом узле сетки проводился круг с центром в данном узле с диаметром 4,5 км (такая величина диаметра была выбрана как оптимальная в результате серии экспериментов). Для круга с центром в точке (i, j) вычислялась площадь выхода палеозойских пород S_{ij} в пределах круга, количество рудных объектов N_{ij} , попадающих в круг; плотность размещения объектов $P_{ij} = N_{ij} / S_{ij}$. Затем центр круга перемещался в соседнюю точку. В результате получалось непрерывное поле плотности размещения рудных объектов. Полученное числовое поле аппроксимируется непрерывной поверхностью методом триангуляции, в результате получается схема плотности размещения рудных объектов.

2. Для выявления прогнозно-перспективных участков применен метод мер перспективности для прогнозирования рудоносности территории по комплексу геологических, геофизических и геохимических карт. Он основан на вычислении суммарной информативности признаков на прогнозируемый тип рудных объектов. В методе реализована следующая схема. Для прогнозирования используются все имеющиеся геологические, геофизические и геохимические карты территории, несущие информацию о размещении рудных месторождений. Используя метод плотности размещения, проводится статистический анализ размещения рудных объектов исследуемого типа отдельно на каждой карте. В результате выявляются

информативные признаки (факторы локализации). В качестве меры информативности признаков используется коэффициент пространственной связи. Обосновано, что удельную среднюю информативность признаков можно использовать как меру перспективности. Вычисляется стандартное отклонение и доверительные интервалы меры перспективности. По этим данным, используя какой-либо из известных методов аппроксимации, строятся поля меры перспективности в изолиниях, ее стандартного отклонения и нижней и верхней границы 95 %-ного доверительного интервала. В результате сравнения с другими методами выявлены некоторые преимущества метода мер перспективности (использование комплекса карт, возможность построения непрерывного поля меры перспективности и оценки для каждой точки ее стандартного отклонения и других характеристик и др.).

В геологическом строении Зирабулак–Зиаэтинского горнорудного района принимают участие палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования. Палеозойский фундамент сложен осадочно-метаморфическими образованиями, прорванными преимущественно гранитоидными породами [9]. Они в той или иной степени подвержены региональному и контактовому метаморфизму, с образованием различных сланцев, роговиков и мраморов. Кроме того в результате складчатых процессов, они значительно дислоцированы и осложнены разрывами. Как известно, именно подобные тектонически нарушенные и преобразованные гипогенными и гипергенными процессами участки горных пород являются благоприятными позициями для размещения рудных полезных ископаемых [4], таких как золото, серебро, вольфрам, олово, медь, уран и др. (рис.2).

Рудовмещающие образования рассматриваемого горнорудного района по частоте встречаемости, взаимоотношениям, особенностям залегания, сходству возраста формирования и вещественного состава объединяются на пять вулканогенно-осадочные формации:

1) карбонатно-эффузивно-терригенная O_{2-3-S_1} формация с карбонатно-песчано-сланцевой и карбонатно-эффузивно-терригенной фациями нижнего силура; терригенно-вулканогенной, туфогенно-терригенной, песчано-сланцевой фациями и фациями валунно-галечных алевролитов средне-верхнего ордовика.

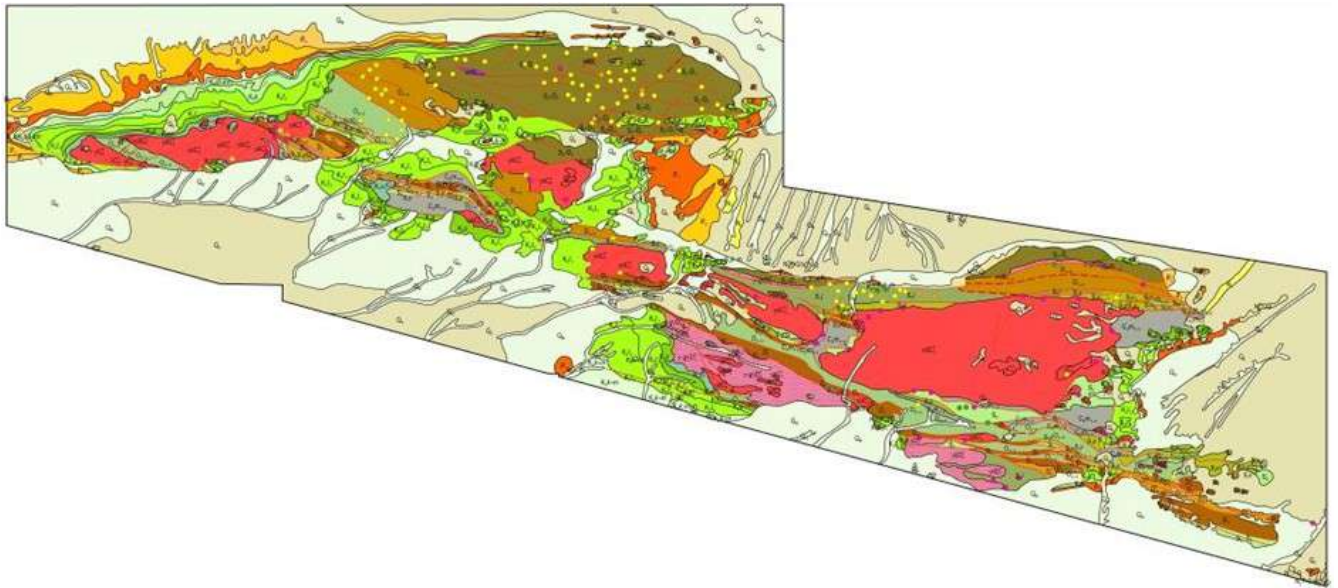
2) карбонатная (S_1-D_2) формация с доломитовой, кремнисто-карбонатной, известняковой фациями верхнего девона; известняковой и известняково-доломитовой фациями возраста нижнего девона; известняковой, известняково-доломитовой и доломитовой фациями нижне-среднего силура; известняковой, кремнисто-известняковой и кремнисто-туфогенно-известняковой фациями нижнего силура.

3) эффузивно-карбонатно-терригенная (S_2-D_{1-2}) формация с карбонатно-терригенной и эффузивно-терригенной фациями. Состав первой – сланцы серицитовые, углисто-кремнистые, алевролиты, песчаники полимиктовые, реже гравелиты и конгломераты темно-серого цвета, линзы известняков, доломитов и карбонатных пород с терригенной примесью. Состав второй – сланцы кварцево-сланцевые, углистые, с прослоями кварцитов, кварцитовидных песчаников, метаандезито-базальты и их туфы.

4) порфиново-шлировая (S_1) с карбонатно-терригенной и терригенно-вулканогенной фациями. В составе первой имеются алевролиты, песчаники, алевропелиты темно-серого цвета, массивные, иногда во флишиодном переслаивании; пелитовые известняки и доломиты полочатые и сетчатые. Вторая фация состоит из темно-серых алевролитов, кварцево-сланцевых сланцев, дацитовых и липаритовых порфиров, андезито-дацитов и их туфов; туфогенно-осадочных брекчий.

5) молассовая (S_2), состоящая из чередования конгломератов, гравелитов, песчаников полимиктовых, алевролитов, кварцево-сланцевых сланцев темно-серого и черного цветов.

Состав исследованных фаций и формаций и их взаимоотношения по латерали характеризуют палеогеографические условия накопления. В средне-позднеордовикское время в зоне небольших тектонических колебаний (смена грубообломочных осадков - гравелиты, конгломераты-тонкообломочные сланцы, алевролиты) шло образование карбонатно-эффузивно-терригенной формации ($m=800$ м). Анализ фаций внутри формации (залегание в верхах разреза алевролитов с глыбами, обломками пород) говорит о регрессивной направленности накопления формации.



Условные обозначения

 Q _I	Нижнее звено. Князьбулакский комплекс пролювиальные конгломераты, щебень, леси и песчаники. Нанайский комплекс пролювиальные конгломераты, гравелиты песчаники, супеси, каменный лес и сугленки	 K ₂ t ₂	Меловая система, верхний отдел. Верхний подъярус. Алевролиты, глины, песчаники, гравелиты, конгломераты (кандыктубинская свита)
 Q _{II}	Среднее звено. Каракольский комплекс пролювиальные щебень, супеси, сугленки. Ташкентский комплекс пролювиальные лессы, суглинки, пески, супеси, галечники, валунники, конгломераты	 K ₂ s	Меловая система, верхний отдел. Сенманский ярус. Песчаники, леси, алевролиты, глины, доломиты, гравелиты, конгломераты (Донгузатауская, Учкудукская свиты)
 Q _{III}	Верхнее звено Аксадарьинский пролювиальные пески, супеси, сугленки, глины. Голодностепский комплекс пролювиальные сугленки, лессы, супеси, пески, гравий, дресва, щебень, галечники	 K ₂ st-km	Меловая система, верхний отдел. Сантонский-кампанский ярусы. Песчаники, леси, прослой глины
 Q _{IV}	Современное звено Амударьинский комплекс эоловые пески, пролювиальные пески, супеси, суглинки, щебень. Сырдарьинский комплекс пролювиальные щебень, гравий, галечники, супеси, суглинки, леси и глины. аллювиальные (пойменные) галечники, валунники, пески, гравий. озерные глины и сульфатные соли	 K ₂ k-m	Меловая система, верхний отдел. Коньякский-маастрихтский ярусы
 N ₁	Миоцен нерасчлененный. Глины песчаники	 C ₂ m ₁₋₂	Каменноугольная система. Средний отдел. Московский ярус
 P ₂	Эоцен. Мергели, глины, алевролиты, песчаники, известняки	 C ₂ m ₁	Каменноугольная система. Средний отдел. Московский ярус
 P ₃	Плейстоцен нерасчлененный. Песчаники, известняки, доломиты, ракушечки, гипсы, алевролиты, мергели	 γδC ₁	Позднечкаменноугольные интрузии. Гранодиориты
 K ₂ t ₁	Меловая система, верхний отдел. Нижний подъярус. Глины, алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты (джейрантуйская свита)	 S ₁ -D ₁	Верхний отдел силурийской - нижний отдел девонской систем нерасчлененные. Терригенно - вулканогенная катармайская свита
 Au			
 Au-Ag			
 W			
 Cu			
 U			

Рис.2. Копия электронной геологической карты Зирабулак-Зиаэтинского горнорудного района (по А.К.Бухарину) и рудные (Au, Au-Ag, Ag, Cu, W, U) объекты

С нижнего-верхнего силура по средний девон включительно на фоне постоянного погружения происходило отложение значительных по мощности карбонатных фаций, причем их сложные взаимоотношения по латерале позволяют судить об изменчивости состава морского бассейна. Мощность карбонатного разреза S₁-D₂ меняется от 800 м (Мирхайдар, Ингичке) до 2500 м (площадь южнее Зирабулакского интрузива). Максимальная мощность известняково-доломитовой фации S₁₋₂ (~1000 м) в Пьязы-Махмутау характеризует накопление в условиях постоянного погружения наибольшей солености бассейна.

Состав обломочных составляющих разреза P₂ изменяется от кремнисто-кварцевого в формации O₂₋₃-S₁ до полимиктовых в формациях C₁ и C₂.

Согласно стратиграфического словаря Узбекистана [16] породы силура согласно залегают на ордовикских образованиях. В основании разреза выделены отложения лландоверийского яруса под названием дараитутская свита. Свита сложена преимущественно углисто-слюдисто-глинистыми сланцами с прослоями алевролитов, песчаников, гравелитов, известняков. В районе колодца Алтыаул разрез дараитутской свиты залегают на отложениях ордовика. Мощность свиты до 500 м. Образования венлокского яруса представлены двумя свитами: нижней-катаджарской и верхней-терикбабинской.

Первый, сложенный тонкослоистыми известняками с прослойками и стяжениями кремнистых пород, согласно залегают на отложениях лландоверийского яруса. Верхневенлокские отложения - существенно карбонатная терикбабинская свита (мощность 500 м) - согласно покрывают катаджарскую свиту. Разрез завершается толщей лудловских образований верхнего отдела силура, которые выделены здесь в пъязынскую свиту, залегающую стратиграфический согласно на доломитах верхнего венлока.

Нижнедевонские образования известны под названием джаджираймахальской свиты (мощность 600 м). В районе пос. Алтыаул, в горах Бештау разрез свиты представлен темноокрашенными массивными и слоистыми мелкозернистыми доломитами и доломитизированными известняками. Породы согласно залегают на отложениях силура. Средний девон представлен майзакской (мощность 200 м) казанбулакской (мощность 200 м) свитами. Первый состоит из темноокрашенных плитчатых тонко- и среднеслоистых, участками доломитизированных известняками. Характерно присутствие желваков, линз и прослоев яшмовидных кремнистых пород. Во втором преобладают доломиты и доломитистые известняки.

Каменноугольные образования трансгрессивно с разрывом, азимутальным и угловым несогласием залегают на различных стратиграфических горизонтах нижнедевонских отложений. По генетическим и литологическим признакам разделены на 2 свиты: нижнюю - тымскую

(турнейский ярус) и верхнюю - тепаликскую среднего-верхнего карбона. Первая широко распространена. По литологическому составу разделяется на 2 пакки: нижнюю, сложенную существенно грубообломочными породами с прослоями алевролитов и сланцев (мощностью 200-300 м), и верхнюю, представленную ритмичным переслаиванием сланцев и песчаников (мощность 180-300 м). Тепаликская свита при довольно значительной мощности (200-300 м) имеет ограниченное развитие. Характеризуется очень пестрым литологическим составом: конгломераты, гравелиты, песчаники алевролиты, сланцы. Залегают с разрывом на тымской свите. В основании свиты выделяется базальный глыбово-валунный конгломерат (мощностью до 50 м).

Наиболее перспективным на золотое оруденение является катармайская свита, в которой выделяется мощная (до 4,5 км) вулканогенно-кварцит-сланцевая толща, условно отнесенная к нижнему девону (к протерозою - Михайлову, 2005). В ее составе выделены 4 подсвиты (по Корсакову, 1984; Коркину, 1970 и др.).

На тектонической карте региона прослежены антиклинальные складки альпийской парагеосинклинали – Катармайская, Зирабулакская и Рабинджанская. Первая складка прослежена по Зиаэтдинским горам в субширотном направлении. Рабинджанская антиклинальная структура проходит в основном по Зирабулаким горам в северо-западном направлении и сопрягается с Катармайской складкой на западе Зиаэтдинских гор. Зирабулакская антиклинальная складка северо-восточного простирания отмечена в северо-восточной части, сопрягаясь с Рабинджанской складкой в центре Зирабулакских гор. Отмечена закономерность в том, что вышеперечисленные антиклинальные структуры зеркально делят Зирабулак-Зиаэтдинские горы на симметричные сигмоиды [6].

Все докембрийские образования Зирабулак-Зиаэтдинских гор буквально пронизаны густой сетью разломов различного морфологического типа (надвиги, сбросо-взбросы, сдвиги), простирания (субширотные или продольные, субмеридиональные, северо-восточные и северо-западные) и возраста (позднесилурийские, позднепалеозойские).

В геолого-структурном отношении район представляет собой чередование антиклинорийевых и синклинорийевых структур, вытянутых в субширотном направлении и осложненных складками более высокого порядка. Они являются приразломными складками зон смятия субширотного запад-северо-западного простирания. Позиции рудных полей, месторождений и рудопроявлений определяются узлами пересечений зон смятия и разломов северо-восточного простирания. Наиболее значимые проявления золота приурочены к местам сгущения поперечных разломов.

Анализ материалов показывает, что в Зирабулак-Зиаэтдинском горнорудном районе имеются 116 значительных по масштабам рудных объектов, получивших собственное название. Они количественно распределены следующим образом: золоторудные и золото-серебряные – 70 шт., полиметаллические (медь, свинец, цинк, серебро, сурьма, олово, висмут и др.) – 32, вольфрамовые (попутно золото, олово, медь) – 5, алмазы – 4.

Компьютерный анализ особенностей их распределения в разнородных участках геологических карт показал, что здесь 60% оруденения имеют положительную корреляционную зависимость с осадочно-метаморфическими образованиями раннего палеозоя (гнейсы, алевросланцы, известняки с маломощными прослоями кварцитов и роговиков). Интрузивные породы составляют 43% площади и имеют в основном герцинский возраст. Карбонатные породы занимают на площади около 30% (от всей эффузивно-карбонатно-терригенной толщи). Это обусловило широкое проявление скарнов, но золото-скарновая формация отмечена лишь в единичных случаях (Рабинджан).

На рисунке 3 представлена схема плотности размещения рудных (Au, Au-Ag, Ag, Cu, W, U) объектов Зирабулак-Зиаэтдинского горнорудного района. По существу это металлогеническое районирование по плотности рудных объектов. На схеме отчетливо видно, что площади концентрации рудных объектов (выраженные на схеме в виде сгущений изолиний) чередуются с районами со значительно меньшими их концентрациями. Схема построена по 154 объектам. В пределах всего Зирабулак-Зиаэтдинского региона в среднем приходится 4 объекта на 100 км². Площади, на которых плотность размещения объектов больше этой величины, на схеме выделены темным цветом. Эти площади представляют собой металлогенические аномалии, соответствующие по размерам и изометричной форме рудным районам. На схеме выделены 5 крупных рудных района (№ 4,5,6,7,16), названных нами район Рудопроявления 733, Кармана, Рудопроявления 735, Капканли и район Лолазор.

Особенностью структурного контроля золоторудных полей района является четкая связь оруденения с крупными зонами нарушений регионального плана и неравномерное распределение и сочетание разрывов разнообразных направлений и порядков, выражаемых различными дислокационными формами (зонами расщепления, дробления). Вследствие этого степень раздробленности горных пород вдоль зон разломов имеет линейно локальный характер. Это приводит к различной степени проницаемости горных пород внутри зон разломов.

В результате наиболее интенсивный массоперенос гидротермальных флюидов осуществляется по локальным в плане, и уходящим на большую глубину наиболее проницаемым каналам, расположенным вдоль зон разломов. Углеродистые содержания в виде рассеянного органического вещества, битуминоидов, вплоть до графитита и графита, присутствуют на всех месторождениях золота в терригенных толщах.

Естественное электрическое поле Зирабулак-Зиаэтдинского горнорудного района характеризуется широким диапазоном изменения потенциала естественного электрического поля УЕП: от -700 до +500 мВ.

В его структуре находят отражение как литологические, так и тектонические особенности строения площади.

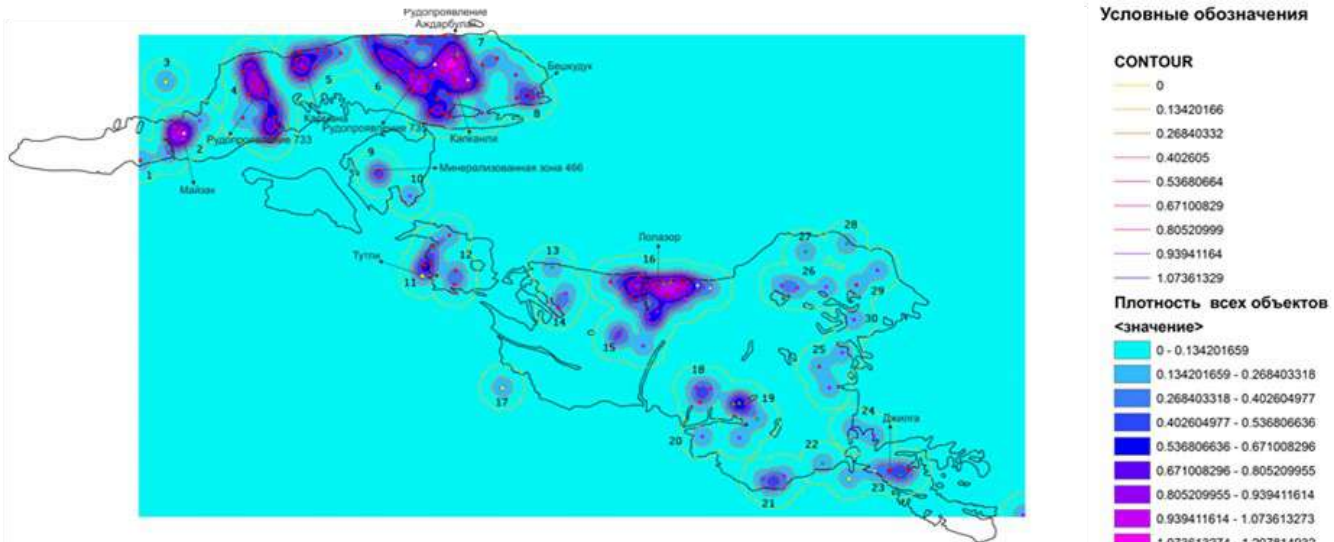


Рис 3. Схема плотности размещения рудных (Au, Au-Ag, Ag, Cu, W, U) объектов Зирабулак-Зиаэтдинского горнорудного района

Выделяется ряд отрицательных аномальных зон и локальных аномалий, пространственно тяготеющих к определенным литологическим комплексам пород, отличающихся низкими значениями электросопротивления, а также и разрывным нарушениям, где породы претерпели интенсивное дробление и гидротермальные изменения (окварцевание, калиевый метасоматоз и др., сопровождающиеся сульфидизацией), что привело к резкому возрастанию их электропроводности.

Золоторудные месторождения и рудопроявления располагаются в большинстве случаев в краевых частях разломов в зоне градиентов аномалий естественного электрического поля ЕП. Это объясняется тем, что локализация золоторудной и сопровождающей ее минерализации происходит в ореоле трещин оперения вокруг пронизываемых каналов. Они, как и наиболее раздробленные участки зон разломов сопровождаются интенсивными локальными аномалиями потенциала естественного поля (от -400 до -600-700 мВ, реже более низкими).

Наиболее высокими положительными значениями ЕП поля (+200 - +300 мВ и более) отмечаются карбонатные отложения, гранитоидные интрузии и другие образования. Зоны тектонических нарушений, сопро-

вождающиеся гидротермальными процессами (сульфидизацией, углефикацией и др.) прослеживаются интенсивными аномалиями отрицательных значений потенциала естественного поля (от -200 до -400 мВ).

На достигнутом уровне геологической изученности территории и состоянии научно-методической оснащенности геологической службы Республики Узбекистан наиболее эффективным инструментом прогнозирования площадей, перспективных на обнаружение скрытых рудных месторождений является применение современных компьютерных технологий с вовлечением в обработку всех имеющихся фактических материалов ретроспективной геологической изученности отдельных территорий. При этом важная системообразующая роль принадлежит цифровым графическим материалам ГИС-проектов, владеющих, в комплексе с методами статистической металлогении, потенциалом представления возможности выявления на высоком современном уровне пространственно-временных связей объектов с разнообразными металлическими полезными ископаемыми, с определенными типами геологических формаций, особенностями структурно-тектонических и геохимических условий.

Библиографический список:

1. Абдуллаев Х.М. Собрание сочинений. Т. VI - Металлогения – геологическая основа поисков месторождений полезных ископаемых. - Ташкент: Фан, 1967. - 302 с.
2. Баймухамедов Х.И. Субвулканические дайки Зирабулак-Зиаэтинских гор и их отношение к золоторудной минерализации района. - Узбекский геологический журнал №2, 1960г., С.58-63.
3. Ахмеджанов М.А. и др. Геологическое строение и состав палеозойского фундамента Узбекистана. Ташкент, Фан, 1975.
4. Ахунджанов Р., Кустарникова А.А., Усманов А.И., Мамарозиков У.Д. Петрология и магматическая геология. //Геология и минеральные ресурсы. – 2007. - №4. – С.44-51.
5. Бухарин А.К., Масленникова И.А. и др. Тектоника Западного Тянь-Шаня. - М.: Наука, 1989. - 152 с.
6. Гарьковец В.Г., Мушкин И.В., Титова А.П. и др. Основные черты металлогении Узбекистана. - Ташкент: Фан, 1979. - 272 с.
7. Далимов Т.Н., Ганиев И.Н. Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. Ташкент, Университет, 2010. – 227 с.
8. Диваев Ф.К., Ганиев И.Н., Далимов Р.Т. Эволюция представлений за годы независимости вулканогенных формациях Узбекистана и их рудоносности. - //Геологическая отрасль Республики Узбекистан в годы независимости. – Ташкент, 2016. – С. 156-164.
9. Евфименко И.М., Петров В.М. Основные черты магматизма и металлогении Зирабулак-Зиаэтинских гор в Западном Узбекистане // Закономерности размещения полезных ископаемых. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - 5 с.
10. Королева И.В., Цой В.Д., Алимов Ш.П.. Минералого-геохимические особенности руд участка Тилля-Таг Зиаэтинского рудного поля. // Современные проблемы геологии и развития минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан. Сборник тезисов международной конференции – Ташкент, 2007. С.13-14.
11. Кустарникова А.А., и др. Металлогения золота и меди Узбекистана. Институт геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева. Ташкент.: ИМР. 2012. 410 с.
12. Миркамалов Р.Х., Чиркин В.В., Харин В.Г., Хан Р.С. О возрасте гранитоидных и метаморфических комплексов Тянь-Шаньского складчатого пояса (Узбекистан). // Геология и минеральные ресурсы. – 2012. - №1. – С. 5-14.
13. Пирназаров М.М. Золото Узбекистана: Рудно-формационные типы, прогнозно-поисковые модели и комплексы. - Тошкент: "МРИ"ДК, 2017. – 244 с.
14. Рахматуллаев Х.Р. Рудные формации и глубинные ярусы оруденения позднеорогенного этапа развития герцинид (на примере Южного Тянь-Шаня). Ташкент.: Фан.1992. 232 с.
15. Рудные месторождения Узбекистана. - Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. - 661с.
16. Стратиграфический словарь Узбекистана. Ташкент. ИМР. 2001. 579 с.
17. Усманов Ф.А. Статистическая металлогения: задачи, методы и законы. //Геология и минеральные ресурсы.2005, №2.– С. 37-45.
18. Усманов Ф.А., Марипова С.Т., Юлдашев О.А. Совместный статистический анализ геохимических, геофизических и геологических карт и карт рудных месторождений для выявления закономерностей их размещения и прогнозирования. // Прикладная геохимия. -Вып. 5. Компьютерные технологии. -М. -2004. С. 144-153.
19. Хамрабаев И.Х. Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. - Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1958. - 471 с.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 28-33

GEOLOGICAL FORMATIONS AND ORE BEARING OF ZIRABULAK-ZIAETDIN MINING AREA

¹Pirnazarov M.M., Chief Researcher of the Applied Geochemistry sector, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, gpnimr@evo.uz

¹Maripova S.T., chief researcher at the "Center for Information Technologies", candidate of geological and mineralogical sciences, gpnimr@evo.uz

²Khoshjanova K.K., Associate Professor of the Department of Geochemistry and Mineralogy, Candidate of Geological and mineralogical Sciences, kamila-kh@mail.ru

²Ashirov M.B., Associate Professor of the Department of geodynamics and tectonics, Candidate of Geological and mineralogical Sciences, maks-ash 65@mail.ru

¹ State Enterprise Institute of Mineral Resources, Tashkent, Uzbekistan

²National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

In this article, considered geological formations and ore-bearing Ziraubulak-Ziaetdin mining region. On the area of the district, 1) carbonate-effusive-terrigenous O₂₋₃-S₁ formation with carbonate-sand-shale and carbonate-effusive-terrigenous lower Silurian facies was established; 2) Carbonate (S₁-D₂) formation with dolomitic, siliceous-carbonate, limestone facies of Upper Devonian; limestone and limestone-dolomitic facies of the age of the Lower Devonian; 3) Effusive-carbonate-terrigenous (S₂-D₁₋₂) formation with carbonate-terrigenous and effusive-terrigenous facies; 4) Porphyry Schlieren (C₁) with carbonate-terrigenous and terrigenous-volcanogenic facies; 5) molasses (C₂) - consisting of conglomerates, gravelites, polymictic sandstones, siltstones, quartz-micaceous schists of dark gray and black colors

Ore-bearing area is determined by the placement of such minerals as gold, silver, tungsten, tin, uranium, cooper, etc.

Keywords: Ziraubulak-Ziaetdin mountains, Western Uzbekistan, ore content, formation, facies, carbonate, effusive, terrigen, suite, sediments.

References

1. Abdullaev Kh.M. Collected works. Vol.VI - Metallogeny – the geological basis of the search for mineral deposits. - Tashkent: Fan, 1967. - 302 p.
2. Baymukhamedov Kh.I. Subvolcanic dykes of the Zirbulak-Ziaetdin mountains and their relation to the gold ore mineralization of the region. - Uzbek Geological Journal №2, 1960 y., pp.58-63
3. Akhmedjanov M.A. and etc. Geological structure and composition of the Paleozoic basement of Uzbekistan. Tashkent, Fan, 1975.
4. Akhundjanov R., Kustarnikova A.A., Usmanov A.I., Mamarozikov U.D. Petrology and igneous geology. // Geology and Mineral Resources. – 2007.- №4. – pp.44-51.
5. Bukharin A.K., Maslennikova I.A. and etc. Tectonics of the Western Tien Shan. - M.: Nauka, 1989. - 152 p.
6. Kharkovets V.G., Mushkin I.V., Titova A.P. and etc. The main features of metallogeny in Uzbekistan. - Tashkent: Fan, 1979. - 272 p.
7. Dalimov T.N., Ganiev I.N. Evolution and types of magmatism of the Western Tien Shan. Tashkent, University, 2010. – 227 p.
8. Divaev F.K., Ganiev I.N., Dalimov R.T. The evolution of views over the years of independence of volcanic formations of Uzbekistan and their ore bearing. - // Geological industry of the Republic of Uzbekistan during the years of independence. – Tashkent, 2016. – pp.156-164.
9. Evfimenko I.M., Petrov V.M.. The main features of magmatism and metallogeny of the Zirbulak-Ziaetdin mountains in Western Uzbekistan // Patterns of mineral deposits. - M.: Publishing House USSR Academy of Sciences, 1962. - 5 c.
10. Koroleva I.V., Tsoi V.D., Alimov Sh.P. Mineralogical and geochemical features of the ores of the Tilla-Tag site of the Ziaetda ore field. // Modern problems of geology and development of the mineral resource base of the Republic of Uzbekistan. Abstracts of the international conference – Tashkent, 2007. pp.13-14.
11. Kustarnikova A.A., and others. Metallogeny of gold and copper of Uzbekistan. Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullaev. Tashkent.: IMR. 2012. 410 p.
12. Mirkamalov R.Kh., Chirikin V.V., Kharin V.G., Khan R.S. On the age of granitoid and metamorphic complexes of the Tien Shan folded belt (Uzbekistan). // Geology and Mineral Resources. – 2012. - №1. – pp. 5-14.
13. Pirmazarov M.M. Gold of Uzbekistan: Ore Formation Types, Forecasting Search Models and Complexes. - Tashkent: "IMR"SE, 2017. – 244 p.
14. Rakhmatullaev H.R. Ore formations and deep layers of mineralization of the Late-Upper stage of development of Hercynides (on the example of the South Tien Shan). Tashkent.: Fan.1992. 232 p.
15. Ore deposits of Uzbekistan. - Tashkent: HYDROEGNEO, 2001. – 661p.
16. Stratigraphic Dictionary of Uzbekistan. Tashkent. 2001. 579 p.
17. Usmanov F.A. Statistical metallogeny: tasks, methods and laws. // Geology and mineral resources.2005, №2.- pp. 37-45.
18. Usmanov F.A., Maripova S.T., Yuldashev O.A. Joint statistical analysis of geochemical, geophysical and geological maps and maps of ore deposits to identify patterns of their location and forecasting. // Applied Geochemistry. - release. 5. Computer technologies. -M.-2004. pp. 144-153.
19. Khamraeva I.Kh. Magmatism and post-magmatic processes in Western Uzbekistan. - Tashkent: Publishing House USSR Academy of Sciences, 1958. - 471 p.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ



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: inonmz@ngmk.uz



ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ СЕГРЕГАЦИЯ НАСЫПНОГО ГРУЗА ПО КРУПНОСТИ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЕ

Maqolada konveyer transportidan foydalanganda dinamik yuklamani kamaytirish maqsadida yukning katta qismini konveyer tasmasidan maydalangan to'kilma vositasi yordamida qoplama qilish taklif etilgan. Yuklangan "belbog" ostidagi to'kilma yukni majburan saralovchi qurilmani o'rnatish va undan foydalanish ko'rsatib berilgan. Konveyerdagi ta-shilayotgan yuk asosiy qismining xarakterini matematik modeli ishlab chiqilgan.

Tayanch iboralar: qoplama, ichki ishqalanish koeffitsenti, to'kilish, ta'biy nishablik burchagi, matematik modell.

Предложено изолировать крупный кусок от конвейерной ленты слоем мелких частиц насыпного груза для снижения динамических нагрузок. Предлагается установить под грузовой лентой устройство для принудительной сегрегации насыпного груза. Разработана математическая модель поведения крупного куска на конвейерной ленте.

Ключевые слова: изоляция, коэффициент внутреннего трения, насыпь, угол покоя, математическая модель.

Крупнокусковые грузы, транспортируемые ленточными конвейерами, как правило, не сортированы. В общем потоке можно наблюдать фракции различной крупности от 0-150 мм до 400-600 мм. В работе [1] приведены экспериментальные исследования частоты прохождения крупных кусков на действующих конвейерах, которые показывают, что интервал транспортирования кусков груза 300-500 мм составляет 1-2 м, а кусков свыше 500 мм составляет 80 м.

При транспортировании крупнокусковых грузов ленточными конвейерами происходит динамическое воздействие крупных кусков на ленту при прохождении по роликоопоре. В ленте конвейера накапливаются усталостные напряжения. Срок службы лент в конвейерах с жестким ставом и жесткими роликоопорами, транспортирующих крупнокусковые скальные породы, значительно ниже, чем в тех же конвейерах при транспортировании мягких пород. Основным фактором повышения срока службы лент является уменьшение величины ударных нагрузок по ленте на линейном ставе конвейера.

Присутствие на ленте мелкокускового груза совместно с крупными кусками уменьшает силу взаимодействия за счет создания изолирующей подушки и создает лучшие условия для работы конвейера. Сформировать такую подушку можно либо в зоне загрузки, применяя загрузочное устройство с колосниками, либо по ходу движения ленты, используя явление сегрегации груза под воздействием вибрации, неизбежно возникающей на роликоопорах [2, 3]. Однако при применении колосников возможно забивание крупными фракциями пространства в решетке, в результате чего могут возникать просыпи и, кроме того, происходит переизмельчение транспортируемого груза. Интенсифицировать процесс разделения фракций по крупности можно воздействием ударно-вибрационного характера на грузую ветвь ленточного конвейера. Устройство наносит через определенный промежуток времени удары по нерабочей обкладке ленты. При прохождении куска через устройство по нему будет нанесено определенное количество ударов.

Целесообразно рассмотреть наиболее тяжелый для конвейера с точки зрения проходящих на него нагрузок случай: положение крупного куска непосредственно на ленте, причем согласно Новикову Е.Е. кусок уложен на ленту длинной стороной вдоль ленты и засыпан мелкокусковым грузом [4].

Принимаем следующие допущения:

- коэффициент заполнения поперечного сечения ленты - 100%;
- крупный кусок находится в среде мелкокускового насыпного груза, к которому применимы законы сыпучего тела;
- крупный кусок имеет форму параллелепипеда с соотношением сторон [4]:

$$a : c : b = 1 : \frac{c}{a} : \frac{b}{a} = 1 : 0,67 : 0,43;$$

Захаров А.Ю.,
профессор кафедры
«Горных машин и комплексов» Кузбасского государственного технического университета
им. Т.Ф. Горбачева, д.т.н.



Ерофеева Н.В.,
доцент кафедры «Горных машин и комплексов» Кузбасского государственного технического университета
им. Т.Ф. Горбачева, к.т.н.



– крупный кусок, окружает достаточное количество груза мелкой фракции.

При прохождении крупнокускового груза через ударное устройство явно наблюдается две фазы движения крупного куска под воздействием удара (рис. 1):

- вращение куска относительно точки O при ударах, приходящихся на первую по ходу движения половину куска;
- фиксация положения точки O' и вращение куска относительно этой точки при ударах, приходящихся на вторую по ходу движения половину куска.

Условно считаем, что кусок получает первый ударный импульс в точку O' нижней грани, как показано на рис. 1а. В процессе удара кусок разворачивается на некоторый угол α так, что точка O' куска приподнимается на высоту h_1 (рис. 1б). При этом кусок движется совместно с лентой со скоростью V_n . Продвинувшись на расстояние D кусок получает второй импульс, однако сила удара непосредственно по куску снижена на величину, пропорциональную толщине подсыпавшейся прослойки между куском и лентой. Несмотря на снижение силы удара, кусок продолжает движение, которое приводит к еще большему разворачиванию куска относительно точки опоры O . Положение куска показано на рис. 1в. При прохождении центра тяжести куска ударного устройства происходит изменение точки опоры и соответственно центра вращения с O на O' . Предполагается, что под кусок подсыпалась масса мелкокускового груза. При таком изменении происходит разворачивание второй по ходу движения половины куска относительно точки O' , причем учитывается движение по инерции до момента следующего удара. Далее при нанесении удара по второй половине точка O куска приподнимается на величину h_3 (рис. 1с), а при следующем нанесении удара – до h_4 (рис. 1д). Далее кусок уходит от ударного механизма, однако под действием силы инерции кусок может продолжать разворачиваться, поднявшись на величину h_5 . Наиболее благоприятным случаем с точки зрения воздействия куска на ленту является горизонтальное положение (рис. 1е).

Движение крупного куска в среде насыпного груза определим математически. При прохождении ударного механизма на кусок действуют следующие силы: сила тяжести куска G , реакции в точках опирания куска на ленту R , сила F ударного воздействия, силы F_b боковых давлений и силы трения F_{tr} на соответствующие грани куска, вес G_{vc} вышележащего слоя насыпного груза, а также возникающая под действием веса G_{vc} сила трения F_t (рис. 2 а).

Считаем, что кусок после первого удара разворачивается относительно точки O на некоторый угол α . Дифференциальные уравнения вращения твердого тела относительно неподвижной точки будут иметь вид:

$$J \frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} = \sum M_G + \sum M_{G_{vc}} + \sum M_{F_{tr}} + \sum M_{F_b} + M_F, \quad (1)$$

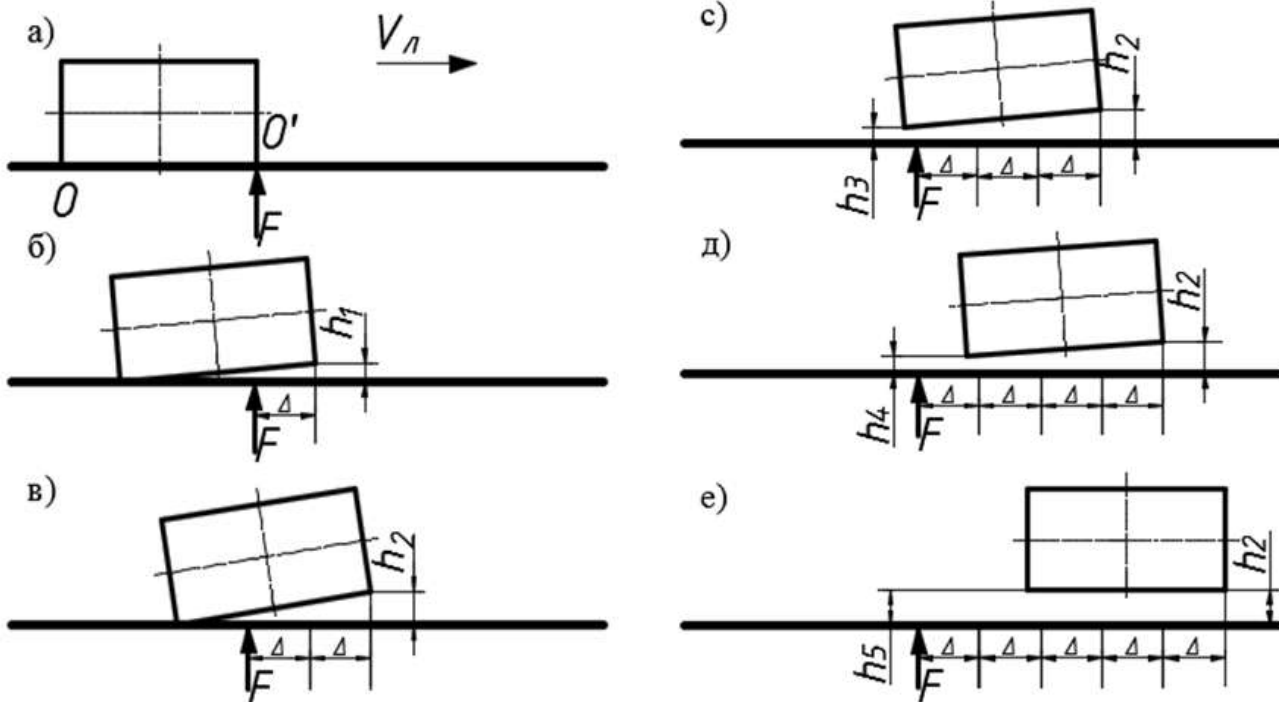


Рис.1. Фазы движения куска под воздействием внешней ударной силы: а, б, в - первая фаза; с, д, е - вторая фаза

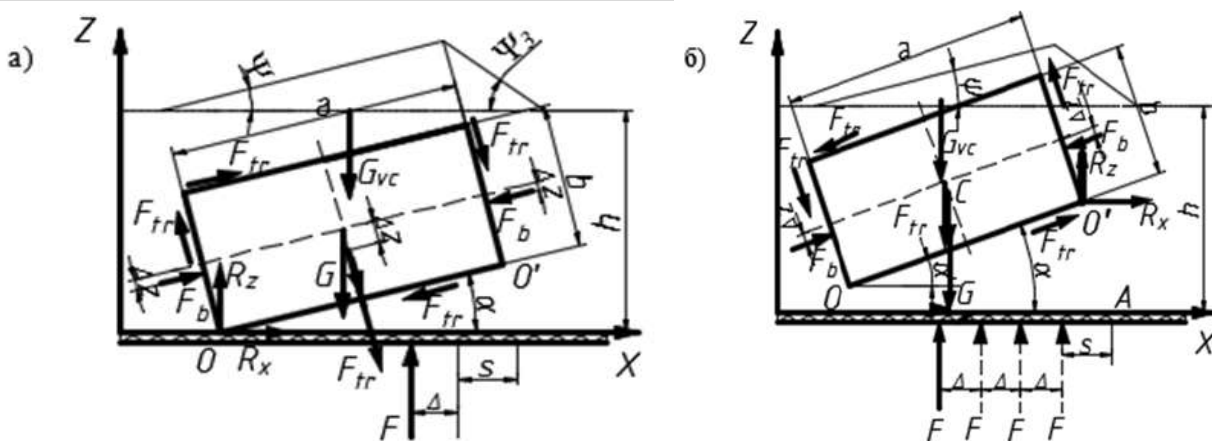


Рис. 2. Схема действия приложенных на кусок сил под воздействием удара: а) по первой половине куска; б) по второй половине куска по ходу движения

где α – угол поворота куска;

t – текущее время;

J – момент инерции куска;

$\sum M_G$ – момент от веса крупного куска;

$\sum M_{Gvc}$ – сумма моментов от веса вышележащего слоя насыпного мелкокускового груза на крупный кусок;

$\sum M_{Ftr}$ – сумма моментов действующих на крупный кусок сил трения на все грани;

$\sum M_{Fb}$ – сумма моментов действующих на боковые грани крупного куска сил давления насыпного материала;

M_E – момент от силы ударного воздействия.

Боковое давление определяется согласно формуле Р.Л. Зенкова

[5]:

$$\sigma = h_{pr} \cdot \rho_0 (\sin^2 \alpha + m \cos^2 \alpha)$$

где m – коэффициент подвижности материала;

h_{pr} – приведенная высота слоя насыпного груза;

ρ_0 – насыпная плотность транспортируемого мелкокускового материала.

Для идеально сыпучего тела коэффициент подвижности не зависит от величины нормального давления и для данного тела является постоянной величиной [5]:

$$m = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1+f^2}$$

где f – коэффициент внутреннего трения.

Для сыпучего тела со свободной поверхностью высота слоя материала рассчитывается приближенным способом, основанным на замене поперечного сечения треугольной формы на прямоугольную. В качестве расчетной высоты слоя материала подставляется приведенная высота слоя материала [5]:

$$h_{np} = h - \frac{B_0 t g \rho}{4}$$

где h – максимальная высота слоя насыпного груза на конвейерной ленте;

r – угол естественного откоса в движении;

B_0 – расстояние, занимаемое насыпным грузом по ширине ленты.

Точка приложения силы бокового давления (центр давления) расположена ниже центра тяжести площади грани куска на расстоянии:

$$\Delta z = \frac{J}{z \cdot S}$$

где J – момент инерции площади S относительно соответствующей оси;

z – положение центра тяжести грани куска;

S – площадь грани.

Выражение для определения момента сил бокового давления насыпного груза на крупный кусок будет выражаться:

$$M_{F_b} = -a \sin \alpha \cdot \rho_0 (\sin^2 \alpha + m \cos^2 \alpha) \cdot c \cdot \frac{b^2}{6} \quad (2)$$

Сила трения, действующая по всем граням, определится как

$$M_{F_r} = - \left(h - \frac{c \cdot \operatorname{tg} \rho}{2} - (B_0 - c) \frac{\operatorname{tg} \rho}{4} - \frac{B_0 - B_1}{4} \operatorname{tg} \lambda - a \sin \alpha \right) \cdot \rho_0 \cdot m \cdot a \cdot b \cdot f_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{3}\right)^2} - \left(h - \frac{B_0 \operatorname{tg} \rho}{4} - a \sin \alpha - \frac{b \cos \alpha}{2} \right) \cdot \rho_0 (\sin^2 \alpha + m \cos^2 \alpha) \cdot c \cdot b \cdot a \cdot f_1 - \left(\sum \Omega_{vc} \cdot a - \frac{1}{4} a^2 \operatorname{tg}(\alpha - \psi) \cdot c \right) \rho_0 \cos \alpha \cdot b \cdot f_1, \quad (3)$$

где ψ – угол естественного откоса в движении со встряхиванием;

$\sum \Omega_{vc}$ – суммарная площадь вышележащего слоя насыпного груза в сечении;

B_1 – ширина части конвейерной ленты, опирающейся на центральный ролик;

f_1 – коэффициент трения мелкокусового насыпного груза о крупный кусок;

λ – угол наклона боковых роликов в роlikоопоре.

Момент от веса вышележащего слоя с учетом скатывания груза при достижении угла наклона куска, равного углу естественного откоса в движении, и учета уменьшения веса вышележащего слоя груза на коэффициент трения по периметру куска от действия сил бокового давления на вышележащий слой определится:

$$M_{G_{vc}} = \left(\left(\sum \Omega_{vc} \cdot a - \frac{1}{4} a^2 \operatorname{tg}(\alpha - \psi) \cdot c \right) \cdot \rho_0 - (a + c) \cdot (h - b)^2 \cdot \rho_0 \cdot m \cdot f_1 \right) \cdot \left(z_c \sin \alpha - \frac{a}{2} \cos \alpha \right), \quad (4)$$

где z_c – расстояние до центра тяжести вышележащего слоя насыпного груза по оси y .

В результате движения куска на конвейерной ленте точка приложения ударного импульса постоянно смещается по длине куска, поэтому момент от ударной силы определится:

$$M_F = k \cdot F \cos \alpha \cdot (a - s - \Delta), \quad (5)$$

где k – коэффициент, учитывающий ослабление силы удара, воздействующей на кусок, за счет упруго-вязких деформаций насыпного груза;

s – расстояние между первым нанесенным ударом и точкой O' куска;

Δ – расстояние, пройденное куском между ударами.

При воздействии ударного импульса на вторую по ходу движения половину куска точкой опоры становится O' , что приводит к изменению направления действия сил (рис. 2 б).

Выражение момента сил бокового давления насыпного груза на крупный кусок принимает положительное значение, а в формуле момента силы трения, действующей по боковым граням, добавится при определении приведенной высоты слоя материала выражение

$$a(\sin \alpha - \sin \alpha'),$$

где α' – угол наклона куска при воздействии ударных импульсов на вторую по ходу движения половину куска.

После соответствующей подстановки выражений в уравнение (1) не трудно заметить, что полученное выражение для определения траектории движения куска не имеет аналитического решения, и поэтому решалось численно улучшенным методом Эйлера.

Расчет выполнялся по специально разработанной программе в среде Delfi согласно алгоритму, указанному в работе [6]. При воздействии ударов на первую по ходу движения половину куска в уравнение (1) подставлялись моменты, рассчитанные по формулам (2)-(5). Начальные условия при $t = 0$ задавались $\alpha_0 = 0$ и $\alpha_1 = 0$.

При нанесении ударов по второй половине значение α обо- ялось через α' , и в уравнение подставлялись преобразованные выражения. Начальные условия определялись как

$$\alpha'_{i-1} = -\alpha_k \text{ и } \alpha'_i = c_k \cdot \tau - \alpha_k$$

где c_k – угловая скорость;

τ – приращение по времени;

k – количество итераций первой фазы движения.

Результаты расчетов траектории движения точек O и O' куска массой 17 кг и габаритными размерами 300x201x129 приведены на рис. 3.

Скорость движения конвейерной ленты – 2 м/с. Импульс ударной силы принят прямоугольной формы с продолжительностью воздействия удара на кусок 0,02 с и продолжительностью паузы $t_i = 0,02$ с.

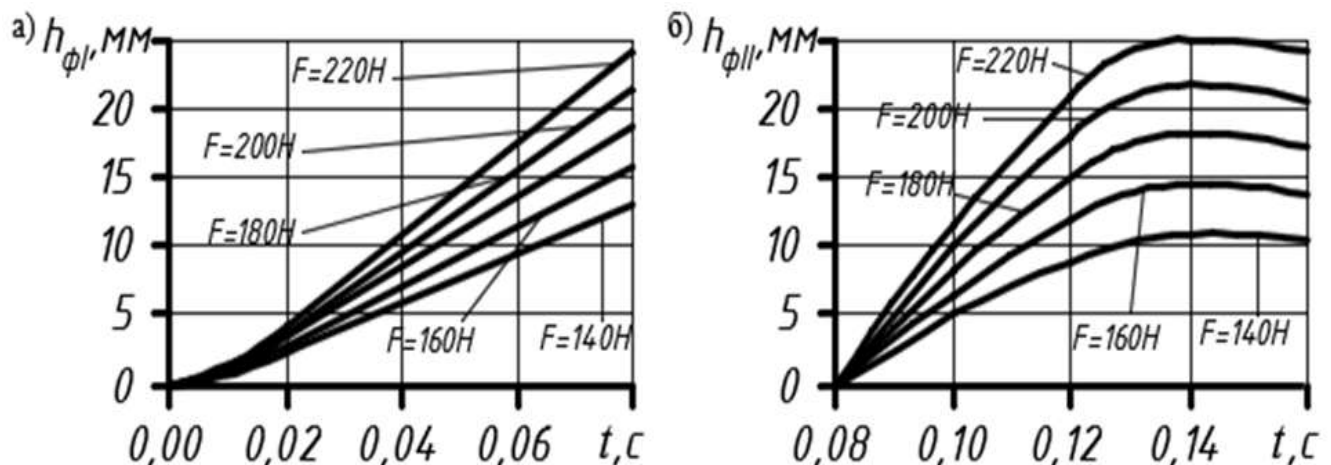


Рис. 3. Траектория движения точек куска при $s=40$ мм: а - точки O' куска до момента времени 0,06 с; б - точки O куска с момента времени 0,08 до 0,16 с

Расчетное время прохождения половиной куска ударного устройства составляет 0,075 с. Расчет проведен для значений силы ударного воздействия от 140 до 220 Н (рис. 3а). Из графика траектории движения куска видно, что с ростом амплитуды силы ударного воздействия происходит увеличение высоты h_{01} подъема точки O^1 в первую фазу движения (рис. 3а), а во вторую фазу движения точка O поднимается в первый период (рис. 3б), а затем опускается в связи с поглощением силы ударного воздействия фракцией мелкокускового груза. Так, при воздействии на кусок с силой 160 Н точка O^1 успевает при проходе ударного устройства подняться на высоту 16 мм от ленты, а за период второй фазы точка O приподнимается на величину 14 мм, таким образом кусок практически разворачивается до горизонтального положения.

В случае если транспортируемый груз содержит достаточное количество мелких фракций до 14,16 мм насыпного груза, то такое положение куска обеспечит снижение динамического воздействия куска на

ленту в момент прохождения роликоопор согласно экспериментам в 2 раза. В зависимости от конструкции ударного устройства первый удар может приходиться на некотором расстоянии от точки O^1 куска, равно $S = V_n t_1$. При расчетах рассматривался самый неблагоприятный случай, когда первый удар по куску попадает на расстоянии $S = 40$ мм от точки O^1 (рис. 2). Возможны случаи, при которых первый удар приходится на расстоянии s от точки O^1 меньше определенного по вышеуказанной формуле, вплоть до попадания непосредственно в точку O^1 куска.

Таким образом, полученная математическая модель процесса движения крупного куска в среде мелкокускового насыпного груза позволит провести поиск рациональных значений параметров ударного воздействия, например по критерию минимума энергоемкости, и определить требуемые параметры виброударного устройства для различных условий транспортирования горной массы ленточными конвейерами.

Библиографический список:

1. Монастырский В. Ф., Демин Г. К. О силе динамического взаимодействия крупнокускового груза с роликоопорами ленточного конвейера. В кн.: Динамика и прочность горных машин. Вып. № 3, Киев, 1975, - С. 112–118.
2. Захаров А. Ю., Ерофеева Н. В. Вибрация ленты и рабочие процессы конвейера // Вестн. Кузбасс. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 6. – С. 78–83.
3. Захаров А. Ю., Ерофеева Н. В. Исследование естественной сегрегации насыпного груза на ленточном конвейере // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: тез. докл. IX междунар. науч.-практ. конф. 1–2 нояб. 2012 г. / Кемерово: Кузбасс. гос. техн. ун-та. – Кемерово, 2012. – С. 124–126.
4. Новиков Е. Е., Смирнов В. К. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород. Киев: Наук. думка, 1983. - 184 с.
5. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов (основания расчета погрузочно-разгрузочных и транспортных устройств). – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1964. - 251 с.
6. Захаров А. Ю., Ерофеева Н. В. Моделирование движения одиночного крупного куска на конвейерной ленте под действием виброударника // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Том 1. – Кемерово, 15–16 нояб. 2007. – С. 206–208.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 34-37

FORCED LARGE LOAD LOADS BY CONVEYOR BELT

¹Zakharov A. Yu., Professor, Doctor of Technical Sciences, zaharovau@kuzstu.ru

¹Erofeeva N. V., Associate Professor, Ph.D, env.stm@kuzstu.ru

¹Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, Russia

Abstract:

The authors proposed the isolation of a large piece from the conveyor belt with a layer of small particles of bulk cargo to reduce dynamic loads. They suggest installing a device for forced segregation of bulk cargo under a loaded belt. The authors developed a mathematical model for the behavior of a large piece on a conveyor belt.

Keywords: belt conveyor, insulation, coefficient of internal friction, mound, angle of repose, mathematical model.

References

1. Monastic V.F., Demin G.K. On the strength of the dynamic interaction of lumpy cargo with roller bearings of a conveyor belt. In: Dynamics and Strength of Mining Machines. Vol. No. 3, Kiev, 1975, - pp. 112–118.
2. Zakharov A. Yu., Erofeeva N. V. Belt vibration and conveyor workflows // Vestn. Kuzbass. state tech. un-that. - 2015. - No. 6. - pp. 78–83.
3. Zakharov A. Yu., Erofeeva N. V. The study of natural segregation of bulk cargo on a conveyor belt // Natural and intellectual resources of Siberia: abstract. doc. IX international scientific-practical conf. November 1-2 2012 / Kemerovo: Kuzbass. state tech. un-t - Kemerovo, 2012. -- pp. 124–126.
4. Novikov E. E., Smirnov V. K. Theory of conveyor belts for lumpy rocks. Kiev: Science. Dumka, 1983. - 184 p.
5. Zenkov R. L. The mechanics of bulk cargo (the basis for the calculation of loading and unloading and transport devices). - 2nd ed. - M.: Mechanical Engineering, 1964. -- 251 p.
6. Zakharov A. Yu., Erofeeva N. V. Modeling the movement of a single large piece on a conveyor belt under the action of a vibrodrum // Life safety of enterprises in industrialized regions: Materials of the VII Intern. scientific and practical conf. Volume 1. - Kemerovo, November 15–16. 2007. - pp. 206–208.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БАЗАЛЬТОВЫХ ПОРОД ДЛЯ ВЫБОРА КРИТЕРИЙ ПРИ ВЫПУСКЕ РАЗНООБРАЗНОЙ ПРОДУКЦИИ



Курбанов А.А.,
и.о. профессора
кафедры «Металлургия»
НГГИ, д.т.н.



Рашидова Р.К.,
ст. преп. кафедры «Добыча
и переработка руд редких и
радиоактивных металлов»
НГГИ



Алиев Т.Б.,
ст. преп. кафедры
«Химическая технология»
НГГИ



Хасанова Н.А.,
магистрант кафедры
«Металлургия» НГГИ

Ushbu maqolada bazaltni qayta ishlashda petrografik jarayonlardan foydalanish asoslari ko'rsatilgan. Bazaltning kimyoviy tarkibi, uni qayta ishlash texnologiyasini tanlash, shuningdek bazalt materiallarining turlari keltirilgan. Hozirgi vaqtda bazalt jinslari sanoat korxonalarida faqat kuydirish orqali qayta ishlanmoqda. Hozirgi paytda bazalt tog' jinslaridan, plitkalar, sement, armatura va boshqa mahsulotlar issiqlikga chidamli izolyatsiyalovchi tolalar ishlab chiqarilmoqda.

Tayanch iboralar: xom ashyo, quruq jins, ruda, zaxira, bazalt, silikat, piroksen, parchalanish, kimyoviy, fizik, mexanik, yorilish, gidroksid, karbonat, diabaz, maydalash mahsulotlari, o'lg'a chidamli materiallar.

В данной статье описываются основы использования петрографических процессов для базальтовой обработки. Представлены, химический состав базальта, выбор технологии его переработки, а также виды базальтовых материалов. В настоящее время базальтовые породы перерабатываются на промышленных предприятиях, только методом сжигания. В данном моменте из базальтовых породы производит теплоизоляционные волокна, плитку, цемент, арматуры и другие изделия.

Ключевые слова: сырье, сухая порода, руда, запас, базальт, силикат, олова, пироксен, разложение, химическое, физическое, механическое, расщепление, шлам, гидроксид, карбонат, диабаз, продукты дробления, дробления.

В настоящее время продукция из базальтов Узбекистана в основном производится путем плавления. Базальтоперерабатывающие предприятия Узбекистана оснащены не стандартными оборудованиями, которые имеют низкую производительность. За сутки по Узбекистану производится от 60 до 35 тонн базальтового волокна. Это не полностью удовлетворяет внутреннюю потребность страны. Для изменения сложившейся ситуации в лучшую сторону, изучены и анализированы факторы влияющие на появление отрицательных показателей. Установлено, что технология переработки базальтов зависит от химического состава породы. Поскольку в разных месторождения базальты имеют различный химический состав (таб.1.), то технология тоже должна быть разной. [1].

Например: базальты Ключевской сопки и Гавайских островов плавятся при температуре 1250÷1400°C; базальты месторождений «Гавасай» - при 1300÷1350°C, «Асмансай» - при 1450°C, «Айдаркуль» - при 1500÷1550°C, «Ахангаран» - при 1200÷1300°C и «Долина Яново» 1300÷1350°C. Расхождения температур плавления базальтов, рассматриваемых пяти базальтовых месторождений, примерно, составляет до 250°C.

Отмечено, что если в расплаве имеется повышенное содержание кремнезема (более 50÷51%) либо глинозема, то он становится излишне вязким, плохо заполняет формы, трудно плавится и кристаллизуется. Окиси кальция и магния, закисное и окисное железо способствуют понижению вязкости и улучшению кристаллизационной способности расплавов. В случае пониженного содержания кремнезема (между 40 и 50%), базальт плавится при температуре 1280÷1350°C, расплав отличается пониженной вязкостью, что также плохо, поскольку он быстро твердеет с образованием стекловатой микроструктуры и появлением трещин при охлаждении.

Как было рассмотрено выше, базальты месторождения «Айдаркуль», редко- и мелкопорфировая порода с афировой, аллотриформно зернистой структурой. Состоят, примерно, из равного количества совершенно неправильных зерен пироксена и плагиоклаза.

По этой причине температура плавления пироксена выше, чем у оливина, т.е. достигает значений до 1500÷1550°C. Характерной особенностью базальтов является содержание в них плагиоклазы, которые выражаются в формах: альбита- Na[AlSi₃O₈] температура плавления 1250°C) и анортита- Ca[Al₂Si₂O₈] температура плавления 1550°C). Основную часть плагиоклаза составляет SiO₂ (от 44 до 67%) и самая малая доля приходится на Na₂O.

По данным экспертов высокое содержание SiO₂ в плагиоклазе, так же как у пироксена, способствует повышению температуры плавления базальтов и к ним можно отнести породы «Айдаркульского» месторождения. Повышению температуры плавления также может влиять содержание в базальтах (%): Fe₂O₃, TiO₂ и MgO. Исследования базальтовых месторождения «Асмансай» показали, что в состав породы входят плагиоклаз, авгит, вторичные минералы: кальцит, эпидот, цеолит, сфен, хлорит, рудные, магнетит, лейкоксен, структура - гиалопилитовая, интерсертальная. Порода мелкозернистая, мелко и редко порфировая. Присутствие авгита способствует плавлению породы месторождения «Асмансай» при температурах на 100÷200°C ниже, чем у базальтов «Айдаркуль», т.е. при температурах 1400÷1450°C.

В рассмотренных обоих случаях типичным силикатным соединением, образовавшимся в составе базальта минералом, является оливин - (Mg,Fe)₂SiO₄. Температура плавления оливина находится в пределах 1200÷1250°C. Поэтому производители для изготовления базальтоволокнистых материалов часто используют базальты, в составе которых основную долю занимает оливин.

Повышение температуры плавления базальтов снижает литейные свойства расплава. Наблюдается повышение удельной сопротивляемости литого продукта внешним ударам. Содержание в составе базальта MnO₂ в пределах (0,09÷0,41)% и FeO в пределах (2,6÷3,9)%, Fe₂O₃ в пределах (1,19÷2,5)% и низкое процентное соотношение Al₂O₃ и TiO₂ снижает электропроводимость базальтовой отливки. Тем самым с точки зрения малой электропроводимости подтверждается схожесть базальтовой стеклянно-литой формы с кварцевыми стеклами.

Экспериментально доказано предельно допустимое содержание SiO_2 в составе базальта составляет 43,7±49,3%, и рекомендуется, как самый оптимальный вариант при выборе состава породы [2-4]. При таких показателях базальты всех четырёх рассматриваемых месторождений «Айдаркуль», «Асмансай», «Ахангаран» и «Гавасай» успешно могут быть применены для изготовления теплоизоляционных волокнистых материалов (температура плавления базальтов (1350÷1400°С). По табличным данным следует, что в отличие от базальтов, используемых для изготовления изоляторов разного потенциала, для изготовления теплоизоляционных волокнистых материалов потребуются базальтовые породы, в составе которых содержится (%): SiO_2 – 43±47, MgO до 7, Al_2O_3 до 20, CaO до 10 и ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) не более 3,5.

Установлено, что содержание в составе базальта оксидов железа и титана ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ и TiO_2) не влияет на теплопроводимость базальтоволокнистых материалов. Однако необходимо учитывать содержание MnO_2 , от которого зависит вязкость струй жидкого базальта, которые проходят через фильтрующее устройство. Такими свойствами обладают базальты всех четырех рассматриваемых месторождений. Свидетельством тому является использование базальтов «Айдаркуль», «Асмансай», «Гавасай» и «Ахангаран» базальтоперерабатывающими предприятиями. Базальты рассматриваемых месторождений используются исключительно для изготовления теплоизоляционных базальтоволокнистых материалов [4-6].

Как было выше отмечено, повышение в составе базальтов содержания SiO_2 более, чем на 50% способствует снижению вязкости, литейных

Таблица 1

Сравнительная характеристика химического состава базальтовых пород разных регионов земного шара

№	Компонент, соединение	Сравнительный химический состав и температура плавления базальтов разных месторождений мира (%) *								
		Ключевской сопки (Россия)	Гавайские острова	Башкардастан (Россия)	Долина Яново (Украина)	Майкудукский (Казахстан)	Гавасай (Узбекистан)	Асмансай (Узбекистан)	Айдаркуль (Узбекистан)	Ахангаран (Узбекистан)
1	SiO_2	45,3±52,4	44,1±50,3	46,7±51,0	44,2±50,3	44,9±55,9	45,7±47,05	45,7±53,3	43,7±56,9	SiO_2 –51,30
2	TiO_2	0,62±0,79	1,4±3,0	0,50±0,92	1,1±1,6	0,21±0,41	1,01±1,05	1,18±1,21	1,5±2,5	н/о
3	Al_2O_3	13,2±15,3	10,3±12,9	19,2±20,4	13,2±15,3	17,4±21,8	14,2±15,7	9,2±10,2	9,2±10,2	16,3±17,2
4	CaO	6,8±8,0	8,9±10,8	3,4±4,5	8,8±9,0	5,4±6,2	7,4±8,4	12,4±15,1	5,4±8,8	7,0±8,02
5	MgO	8,8±8,9	6,1±8,1	2,1±3,7	4,7±5,1	0,81±1,6	4,8±5,4	1,1±2,6	2,7±3,8	3,2±4,54
6	FeO	4,71±4,75	6,4±9,5	15,6±18,9	6,6±7,9	5,2±11,4	1,16±1,39	5,6±8,9	4,6±6,9	7,0±7,2
7	Fe_2O_3	1,8±3,1	1,2±1,5	12,8±13,8	2,9±15,5	6,19±8,96	6,9±7,4	2,9±3,47	2,9±3,0	7,2±9,6
8	K_2O	0,29±0,86	0,16±0,46	0,81±0,99	0,55±0,71	0,37±0,44	1,2±1,4	0,21±0,99	0,14±0,19	1,16±1,72
9	Na_2O	2,0±2,7	2,1±2,3	4,6±5,6	2,8±3,0	1,9±2,8	2,8±3,6	1,8±2,6	2,8±3,3	н/о
10	MnO_2	0,17±0,80	0,21±0,31	0,1±0,19	0,05±0,09	0,22±0,28	н/о	0,12±0,41	0,09±0,11	н/о
11	P_2O_5	0,02±0,10	0,10±0,11	н/о	0,02±0,03	0,05±0,07	н/о	0,45±0,73	н/о	н/о
12	Прочие	16,3±2,1	18,9±0,66	19,03±0,31	26,95±0,41	7,94±8,34	7,9±8,3	19,03±0,31	26,95±0,41	1,9±6,8
13	Температура плавления, °С	1300±1400	1200±1300	1200±1300	1300±1350	1300±1350	1300±1350	1400±1450	1500±1550	1200±1300
14	Температура ликвидуса, °С	1250±1350	1150±1250	1300±1350	1300±1350	1200±1350	1200±1350	1400±1450	1500±1550	1250±1300

Примечание: *Сведения 1964 и 2016гг. [2-3].

Таблица 2

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 базальтовой продукции, °С	Содержание химических компонентов, %, масс	Диэлектрическая проницаемость, ϵ ($8,854 \times 10^{-12} \text{ К}^2/\text{м}^2 \times \text{Н}$)
1	SiO_2	50,3÷60,0	- в H_2SO_4 -97 - в HCl -85 - в CH_3COOH -97,5 - в HNO_3 -95,5 - в H_3PO_4 -95	42,7÷47,3;	При температуре 270 +800	43,7÷49,3	4,34
2	TiO_2	0,63±1,5		0,5±1,51;		0,8±1,0	86,0
3	Al_2O_3	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_2O_3	1,19±2,5		3,1±6,37;		2,9±3,47	11,6
8	K_2O	0,3±0,99		0,2±0,49;		0,14±0,99	16,0
9	Na_2O	1,80±2,6		1,80±2,60;		1,1±2,0	1,0
10	MnO_2	н/о		0,09±0,11		0,09±0,41	13,0
11	P_2O_5	н/о		н/о		0,45±0,73	23
12	Прочие соединения	6,39		12,40		5,48	н/о
	Итого	100	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, щёлочустойчивые плитки, арматуры, металлозаменители	-
15	Название месторождения	Айдаркульское, Асмансайское и Ахангаранское и Гавасайское	-	Айдаркульское, Асмансайское, Гавасайское и Ахангаранское	-	Асмансайское и Айдаркульское	-

свойства расплава и повышает электропроводимость, но при этом снижает твердость и плотность самой породы. Снижается плотность породы, и она становится более пригодной для дробления и измельчения.

В рассмотренных обоих случаях типичным силикатным соединением, образовавшимся в составе базальта минералом, является оливин - $(Mg,Fe)_2SiO_4$. Температура плавления оливина находится в пределах $1200 \div 1250^\circ C$. Поэтому производители для изготовления базальтоволокнистых материалов часто используют базальты, в составе которых основную долю занимает оливин.

Повышения температуры плавления базальтов снижает литейные свойства расплава. Наблюдается повышение удельной сопротивляемости литого продукта внешним ударам. Содержание в составе базальта MnO_2 в пределах $(0,09 \div 0,41)\%$ и FeO в пределах $(2,6 \div 3,9)\%$, Fe_2O_3 в пределах $(1,19 \div 2,5)\%$ и низкое процентное соотношение Al_2O_3 и TiO_2 снижает электропроводимость базальтовой отливки. Тем самым с точки зрения малой электропроводимости подтверждается схожесть базальтовой стеклянно-литой формы с кварцевыми стеклами.

Экспериментально доказано предельно допускаемое содержание SiO_2 в составе базальта составляет $43,7 \div 49,3\%$, и рекомендуется, как самый оптимальный вариант при выборе состава породы [6].

В табл. 2 представлены данные о базальтовых продукциях, которые можно производить путем тепловой обработки, т.е., петрургическим способом, на основе плавления и путем сухой переработки, без плавления.

В рассматриваемых базальтах из четырех месторождений высокое содержание SiO_2 приходится на породы «Айдаркуль», в составе которых содержание SiO_2 достигает до 60% и TiO_2 до $2,5\%$. Экспериментально выявлено, базальты с таким содержанием SiO_2 трудно плавятся и легко поддаются дроблению и измельчению. [7].

Таким образом, выявлено, что основными факторами, от которых зависит температура плавления базальтов, являются: процентное

содержание в породе оливина, пироксена и плагиоклаза, минералогический состав базальтовой породы и химические свойства породы. Базальты, которые трудно плавятся и для их плавления требуется дополнительные тепловые ресурсы, а также у таких базальтов содержание SiO_2 достигает более 50% считаются трудно поддающиеся плавлению.

В результате, проведенных теоретических и экспериментальных исследований с применением образцов рассматриваемых базальтовых месторождений: «Айдаркуль», «Асмансай», «Гавасай» и «Ахангаран» установлено, что все местные базальты невозможно перерабатывать путем термической обработки, т.е., плавлением. Потому что с повышением содержания в составе базальтов количество SiO_2 породе становится менее твердой и плотной. Такие базальтовые породы следует перерабатывать путем дробления и измельчения исключая плавления.

Такое техническое решение позволяет открыть новое направление переработки базальтов. Данное направление основано на сухой переработке базальтов, которое позволяет организовать производство продукции без применения метода плавления. Данное техническое решение позволяет производить новые базальтовые продукции, что увеличивает ассортимент изделия и расширяет область использования базальтовых изделий. Такими базальтовыми продуктами могут быть: кислото-щелочестойчивые плитки, кирпичи различные, работающие в агрессивных средах, огнеупорные кирпичи различного назначения, портландцемент и т.д.

Такой расклад организации производства базальтовой продукции позволяет разработать единую цепочку производственного цикла по выпуску изделий различного назначения. Предложенный нами в данной статье способы переработки базальтовой продукции по единой технологической цепочке позволяет в дальнейшем повысить производительность труда предприятия, сокращать до минимума технологические и энергетические расходы, а также увеличить ассортимент продукции.

Библиографический список:

1. Курбанов А.А. Специфические особенности базальтов Кызылкума. Ташкент: Фан. - 2009. - 160 с.
2. Курбанов А.А. и Тураев А.С. Краткий обзор о базальте и о получаемых базальтовых материалах // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2007. № 3. С. 82-85.
3. Мирзаев П.А. Отчет по поисково-оценочным работам за 1965г. Месторождения основных пород, Беляуты I, II и др. Т. 1964 г.
4. Методика выполнения измерений по улавливаю вредных химических веществ с применением базальтоволокнистого фильтрующего материала. МВИ НГМК Ц-34.20-106: Методика. – Навои, ЦНИЛ НГМК и НГГИ, 2011. – 8 с.
5. Курбанов А. А. О проблемах фильтрации газа, жидкости и о материалах фильтров // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2010. № 1. С. 75-78.
6. Курбанов А.А., Абдурахмонов С.А. и Тураев А.С. Основы переработки базальтов Кызылкума. Ташкент: Фан. 2010. 167 с.
7. Курбанов А.А. и Абдурахмонов С.А. Научные и практические основы комплексного использования разнотипных базальтов Узбекистана. Навоий: Изд. Алишера Навоий.- 2019. -238 с

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 38-40

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BASALT ROCKS FOR THE SELECTION OF CRITERIA FOR THE RELEASE OF VARIOUS PRODUCTS

¹Kurbanov A.A., professor Department of Metallurgy, Doctor of Technical Sciences, bo_bosh@mail.ru

¹Rashidova R.K., Senior Lecturer, Department of Mining and Processing of Ores of Rare and Radioactive Metals, rano_nrm.2012@mail.ru

¹Aliev T.B., Senior Lecturer, Department of Chemical Technology

¹Khasanova N.A., graduate student "Metallurgy", jasurjonqudratov@mail.ru

¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

This article describes the basics of using petrographic processes for basalt processing. The chemical composition of basalt, the choice of technology for its processing, as well as the types of basalt materials are presented. Currently, basalt rocks are processed at industrial enterprises, only by burning. At this moment, it produces heat-insulating fibers from basalt rock, tiles, cement, reinforcement and other products.

Keywords: raw materials, dry rock, ore, reserve, basalt, silicate, tin, pyroxene, decomposition, chemical, physical, mechanical, cleavage, sludge, hydroxide, carbonate, diabase, crushing products, crushing.

References

1. Kurbanov A.A. Specific features of the Kyzyl Kum basalts. Tashkent: Fan. - 2009. 160 p.
2. Kurbanov A.A. and Turaev A.S. A brief review of basalt and obtained basalt materials // Mountain Herald of Uzbekistan. Navoi, 2007. No. 3. pp. 82-85.
3. Mirzaev P.A. Report on prospecting and appraisal work for 1965 Deposits of basic rocks, Belyauts I, II, T. 1964
4. The methodology for measuring the capture of harmful chemicals using basalt fiber filter material. MVI NMMC Ts-34.20-106: Methodology. - Navoi, Central Scientific Research Laboratory of NMMC and NGGI, 2011. - 8 p.
5. Kurbanov A. A. On the problems of gas, liquid filtration and filter materials // Mountain Herald of Uzbekistan. Navoi, 2010. No. 1. pp. 75-78.
6. Kurbanov A.A., Abdurakhmonov S.A. and Turaev A.S. Basics of processing of Kyzylkum basalts. Tashkent: Fan. 2010. 16 p.
7. Kurbanov A.A. and Abdurakhmonov S.A. Scientific and practical basis for the complex use of diverse types of basalts in Uzbekistan. Navoi: Ed. Alisher Navoi. - 2019. 238 p.

К ВОПРОСУ ВСКРЫТИЯ ЗОЛОТА ИЗ ОСОБО УПОРНЫХ СУЛЬФИДНЫХ ЗОЛОТОМЫШЬЯКОВЫХ РУД НА МЕСТЕ ЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЗАЛЕГАНИЯ РЕЗОНАНСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЧ ЭМВ

Yuqori chastotali elektromagnit maydonning rezonans effekti bilan, ayniqsa, o'tga chidamli sulfidli oltin-arsenik rudalaridan oltinning tabiiy paydo bo'lishi joyini raqamli tadqiqotlar natijalari bayon qilingan. Ruda konlarining tabiiy paydo bo'lishi, amaliy foydalanish imkoniyati va elektromagnit pulsning rezonans chastotalarini tanlashni hisobga olgan holda sonli modellashtirishga alohida e'tibor qaratilgan.

Tayanch iboralar: oltinugurtli oltin sulfidli rudalar, oltinning ochilishi, mikroto'lqinli texnologiya, minerallar qobig'ining yo'q qilinishi.

Описаны результаты численных исследований вскрытия золота из особо упорных сульфидных золотомышьяковых руд на месте его естественного залегания резонансным воздействием ВЧ ЭМВ. В работе особое внимание уделяется численному моделированию с учётом естественного залегания рудной залежи, возможности практической реализации, вопросам выбора резонансных частот электромагнитного импульса.

Ключевые слова: упорные сульфидные золотомышьяковые руды, вскрытие золота, СВЧ технология, разрушение оболочки минералов.



Усманов Р.И.,
руководитель группы
ИЦВНТ НГМК,
к. ф.-м. н.

В настоящее время всё больше в обработку вовлекаются упорные сульфидные золотомышьяковые руды, в которых ультратонкие частицы золота диспергированы в сульфидных минералах, представленных в основном пиритом, арсенопиритом, пирротинном, а также антимонитом, с незначительным количеством галенита, сфалерита, халькопирита, сфалерита, тетраэдрита, марказита и др.

Известные технологии переработки таких руд (добыча, дробление, измельчение, флотация, биоокисление, обжиг и т.д.) сопряжены с преодолением трудностей, связанных с физической и химической упорностью руд.

В последние годы все большую популярность для обеспечения дезинтеграции минеральных компонентов по межфазным границам за счет образования микротрещин и каналов, приобретают технологии переработки, основанные на использовании в качестве источника энергии высокочастотной электромагнитной волны (ВЧ ЭМВ) [1-3].

В работе академика Капицы П.Л. [4] отмечается, что электромагнитная волна достаточно высокой частоты может быть направлена без изоляции по трубам в буровые скважины и таким путём разогревать грунт на больших глубинах.

В Институте ядерной физики СО РАН на установке электромагнитного 4-мм импульсного излучения длительностью порядка микросекунд получены положительные эксперименты по разрушению поверхности бетона [5].

Измельчение породы до частиц с оптимальными для сепарации размерами (20 - 60 мкм) является энергоёмким процессом, требующим более 20 кВт/ч электроэнергии на тонну породы [6]. На разрушение породы при обычном механическом измельчении идёт только 1% затрачиваемой энергии, а остальные 99% переходят в тепло и звук. Поэтому по сравнению с другими физическими методами разрушения пород (электрогидравлический удар, ультразвук, ИК-облучение, электрический разряд и т.д.) СВЧ-метод имеет ряд преимуществ. В данной работе отмечается, что при СВЧ обработке на границах раздела фаз возникают сильные термомеханические напряжения, превышающие предел прочности и приводящие к микро растрескиванию породы.

На АО «Михайловский ГОК» (Россия) опытно - промышленная магнитно-импульсная обработка (МИО) руды показала положительный эффект снижением энергоёмкости при измельчении руды, также имело место и увеличение качества концентрата, что свидетельствует об улучшении раскрытия зёрен рудного минерала [7].

В работе [8] обоснован механизм "взрывного" разрушения влаго-содержащих горных пород в ЭМ поле СВЧ, в основе которого лежат

процессы объёмного энергопоглощения и нагрев породы, испарения содержащейся в ней влаги. При этом происходит перераспределение концентрации влаги по объёму, локализации зон интенсивного поглощения энергии поля на участках повышенной влажности, резкая интенсификация испарения и возникновение разрушающих давлений пара, которые совместно с термическими напряжениями, приводят к росту трещин, образованию "шелушек" и их разлёту.

В экспериментальных исследованиях [9] выявлено, что при микроволновом облучении золотосодержащих сульфидных минералов месторождения "Кокпатас" происходит истечение расплавленной (жидкой) серы из сульфидных образцов, которые становились пористыми и лёгкими, отмечается изменение карбоната кальция до негашёной извести. Содержание золота в исходных сульфидах составляло 12 г/т. После микроволновой обработки содержание золота в свободной сере составило 1 г/т. Извлечение золота из пористого остатка при цианировании составило 84%.

Предварительная обработка флотоконцентратов СВЧ - полем, позволила увеличить степень извлечения золота до 80-85%, чем контрольного (35-40%) [2]. Показана возможность одновременного разрушения образца и разрушения сульфидов в рудах. Расход электроэнергии при обработке руд СВЧ полями составил ~2 кВт на тонну.

В настоящей работе автор приводит численные исследования вскрытия золота мощным резонансным импульсным воздействием ВЧ ЭМВ прямо на месте естественного залегания вышеуказанных руд. Уделяется внимание вопросам технического осуществления, выбору основных параметров источника излучателя ЭМВ (в том числе, тангенс угла диэлектрических потерь, комплексная диэлектрическая проницаемость и чувствительность минералов к резонансному импульсному воздействию) для практической реализации в опытно промышленных масштабах.

Рассматривается процесс импульсного воздействия ВЧ ЭМВ на осесимметричную породу, в порах которой находятся вначале упорные сульфидные золотомышьяковые минералы. При этом ультратонкие частицы золота диспергированы в сульфидных минералах, представленных в основном арсенопиритом, пиритом, пирротинном и т.д.

Для этих целей в подготовленном блоке рудной залежи бурят скважину в соответствии с паспортом ведения буровзрывных работ и в эту скважину спускают антенну ВЧ ЭМВ (рис.1).

Поэтапное осесимметричное воздействие мощным электромагнитным импульсом производят выбором резонансной частоты на определённый минерал, в котором тонко вкраплено золото, в зависимости от глубины его залегания. В моменте короткого резонансного мощного

Схема импульсного воздействия мощной высокочастотной электромагнитной волны на рудный блок.

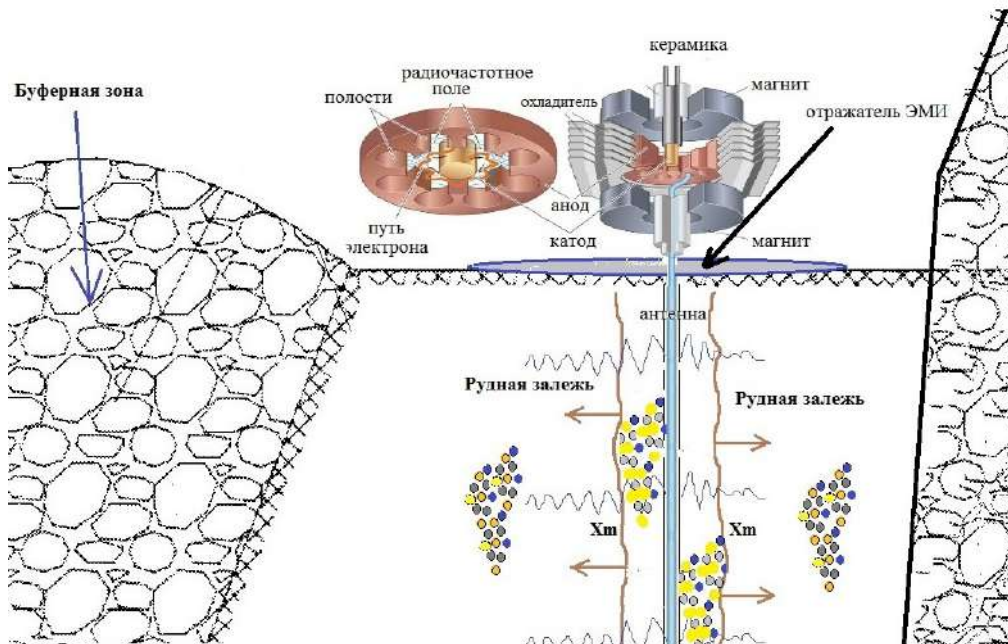


Рис.1. Принципиальная схема импульсного воздействия ВЧ ЭМВ на рудный блок

импульсного воздействия в элементарном объеме происходит неоднородный нагрев химических элементов (железа, мышьяка, золота, серы, кальция и др.) температура повышается в несколько сотен градусов. Со временем температура в каждом элементарном объеме выравнивается. Порода нагревается, сера из сульфидных минералов освобождается, сера плавится, объемно расширяется, и под создаваемым перепадом давления жидкая сера может течь относительно неподвижного скелета породы, например, к центру оси симметричной среды (скважине).

Термодинамика и гидродинамика вышеуказанного процесса рассматривается в рамках математической модели механики многофазных сред с учетом возможного фазового перехода первого рода типа "плавления" при следующих допущениях: процесс плавления серы происходит на геометрической поверхности – фазовом фронте нулевой толщины. Вне фронта плавления (поверхности сильного разрыва) (например, характерные длины зоны поглощения энергии ВЧ ЭМВ средой), много больше характерных размеров пор и расстояний между ними, которые в свою очередь, гораздо больше молекулярно-кинетических размеров (например, средних длин свободного пробега молекул). Температура фаз в каждом элементарном объеме пористой среды одинакова. Движение жидкой фазы среды в пористой среде безынерционное и подчиняется закону Дарси. Отсутствуют изменения объема твердой фазы среды и деформация скелета пористой среды.

Первое допущение можно принимать, когда размер зоны фазового перехода много меньше длины электромагнитной волны и характерной длины зоны поглощения ВЧ ЭМП средой.

При втором допущении динамику системы пористого твердого скелета породы, заполненного жидкой и твердой фазы среды вне фазового фронта можно рассматривать в рамках математической модели взаимопроникающих и взаимодействующих трёх сплошных сред: первой фазы - жидкой, второй - твердой и третьей - скелета породы.

Таким образом, в соответствии с этими допущениями фронт фазового перехода X_m будет разделять пространство среды на две зоны. Первая зона пористое твердое тело (скелет), заполненное жидкой фазой $X_m < X < X_m(t)$, $T > T_m$; $a_1 = m$, $a_2 = 0$, $a_3 = 1 - m$. Вторая зона пористый скелет породы, заполненный твердой фазой $X > X_m(t)$, $T < T_m$; $a_1 = 0$, $a_2 = m$, $a_3 = 1$.

Здесь и далее нижние индексы m и b характеризуют параметры среды на линии плавления и на левой пространственной границе; $i = 1, 2, 3$ – относятся к параметрам первой, второй и третьей фазы, соответственно; T – температура; m – пористость; X – пространственная координата.

Третье допущение позволяет описывать рассматриваемые процессы в рамках одно температурной модели. Это связано с тем, что в боль-

шинстве практически важных случаях характерное время выравнивания температур фаз $t^{(0)} \sim rCDT/q$ много меньше характерного времени нагрева среды объёмным источником тепла $t^{(1)} \sim rCDT/q$ и характерного времени гидродинамического процесса $t^{(2)} \sim L/J_1$.

Последнее допущение можно принимать, когда скорость движения межфазной поверхности (границы) за счет теплового расширения твердой фазы среды мала по сравнению со скоростью движения этой поверхности за счет фазового перехода.

Тогда при принятых выше допущениях вне поверхности сильного разрыва - фронта плавления $x_m(t)$, уравнения теплопроводности, фильтрации, неразрывности для одномерного симметричного движения ($n = 0, 1, 2$ соответствуют случаям плоской, цилиндрической и сферической симметрии) в Эйлеровой системе координат (x, t) могут быть представлены в следующем виде:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} + \alpha_i \rho_i C_i g_i \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{1}{x^v} \frac{\partial}{\partial x} (\lambda x^v \frac{\partial T}{\partial x}) + q^{(e)} + A^{(e)} + A^{(r)} \quad (1)$$

$$U_1 = \alpha_1 g_1 = \frac{k}{\mu_1} \frac{\partial P}{\partial x}, g_2 = g_3 = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \frac{1}{x^v} \frac{\partial}{\partial x} (x^v \rho_i g_i) = 0 \quad (3)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = m, \quad \alpha_3 = 1 - m, \quad \alpha_1 \alpha_2 = 0 \quad (4)$$

Где через r_i , J_i , C_i , l_i - обозначены соответственно истинная плотность, динамическая скорость, теплоёмкость и коэффициент теплопроводности i -фазы ($i = 1, 2, 3$);

r , m - давление и вязкость серы; k - проницаемость; $A^{(p)}$, $A^{(t)}$ - работа внутренних и вязких сил; $q^{(e)}$ - интенсивность объёмного источника за счет поглощения энергии ВЧ ЭМВ; t - время; Теплоёмкость смеси C и теплопроводности смеси l полагаются аддитивными по массам и объемам фаз, соответственно:

$$\rho C = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \rho_i C_i, \lambda = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \lambda_i \quad (5)$$

Рассматривается случай, когда $A^{(p)}$, $A^{(t)} \ll q^{(e)}$, величинами $A^{(p)}$ и $A^{(t)}$ можно пренебречь. Коэффициенты вязкости жидкой фазы среды зависит от температуры $m_1 = m_1(T)$. Для замыкания системы дифференциальных уравнений используются следующие уравнения состояния фаз:

$$\rho_1 = \rho_{10} [1 + \beta_p (P - P_0) - \beta_T (T - T_0)], \rho_2 = \text{const}, \rho_3 = \text{const} \quad (6)$$

Распределение тепловых источников $q^{(e)}$, возникающих за счет поглощения энергии ВЧ ЭМП, определяется из уравнения Умова - Пойтинга и закона Бугера - Ламберта для монохроматической волны:

$$\nabla \bar{R} = \frac{\bar{R}}{L^{(e)}}, \quad q^{(e)} = -\nabla \bar{R}, \quad \frac{1}{L^{(e)}} = \frac{1}{2} \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon'}(T, P, \omega) \text{tg} \delta \quad (7)$$

Где R - вектор интенсивности излучения, $L^{(e)}$ - длина поглощения, характеризующая степень поглощения энергии ЭМВ рассматриваемой средой; w - частота излучения ЭМВ; ϵ_0, μ_0 - диэлектрическая и магнитная проницаемость вакуума, $\epsilon', \text{tg} \delta$ - диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь среды.

Учитывая возможное отражение энергии ЭМВ от межфазной границы $x_m(t)$, на которой претерпевают разрыв электрофизические свойства среды, объёмные источники $q^{(e)}$ можно представить в следующем виде:

$$q_1^{(e)} = \frac{R_b}{L_1^{(e)}} \left(\frac{x_b}{x}\right)^v \left[e^{\left(\frac{-x-x_b}{L_1^{(e)}}\right)} + He^{\left(\frac{-x_m-x_b}{L_1^{(e)}} - \frac{x_m-x}{L_1^{(e)}}\right)}, x < x_m(t) \right] \quad (8)$$

$$q_s^{(e)} = (1-H) \frac{R_b}{L_s^{(e)}} \left(\frac{x_b}{x}\right)^v e^{\left(\frac{-x_m-x_b}{L_1^{(e)}} - \frac{x_m-x}{L_s^{(e)}}\right)}, (x > x_m(t)) \quad (9)$$

$$L_j^{(e)-1} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i L_i^{(e)-1}, x > x_m(t), (j = 1, s) \quad (10)$$

Где, через нижние индексы l, s - обозначены параметры смеси в области расплавленной $x_b < x < x_m(t)$ и твердой серы, соответственно; H - характеризует возможное однократное отражение энергии ВЧ ЭМВ от межфазной границы $x_m(t)$ и определяется как отношение энергии отражённой волны к энергии падающей.

Математическая задача заключается в отыскании решения системы дифференциальных уравнений (1)-(6), (8), (9) при следующих начальных и граничных условиях:

Начальные условия: $t=0: T = T_0$

Граничные условия:

$X = X_b: T = T(X_b, t)$

$$\lambda_b S_b \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_b} = -q_b \quad (11)$$

$P = P(X_b, t)$

$X @ \infty: T @ T_0$

Условие на подвижной границе $x=x_m(t)$:

$T = T_m$:

$$U_{1m} = m \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_{1m}}\right) \frac{\partial x_m(t)}{\partial t} \quad (14)$$

$$q_1 + q_s + W = m \rho_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_{1m}}\right) \frac{\partial x_m(t)}{\partial t} \quad (15)$$

Где -

$$q_1 = -\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_{m-0}} \quad q_s = -\lambda_s \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_{m+0}}$$

$q = q(x_b, t)$ - интенсивность теплового потока через границу, q_b и q_s - потоки тепла, поступающие к межфазной границе (поверхности) со стороны подвижной и неподвижной фаз; l - удельная теплота фазового перехода, W - поверхностная плотность распределения энергии электромагнитного поля на межфазной границе $x=x_m(t)$.

$$q_1^{(e)} = \frac{R_b}{L_1^{(e)}} \left(\frac{x_b}{x}\right)^v e^{\left(\frac{-x-x_b}{L_1^{(e)}}\right)} \quad q_s^{(e)} = \frac{R_b}{L_s^{(e)}} \left(\frac{x_b}{x}\right)^v e^{\left(\frac{-x_m-x_b}{L_1^{(e)}} - \frac{x_m-x}{L_s^{(e)}}\right)},$$

И поэтому на межфазной границе,

$$W = \lim_{\Delta V \rightarrow \Sigma \Phi} \frac{1}{\Delta S} \int q_1^{(e)} dt = \int_{\Sigma \Phi} \left(\frac{1}{L_s^{(e)}} - \frac{1}{L_1^{(e)}}\right) \left(\frac{R_b}{x_m}\right) e^{\frac{-x_m-x_b}{L_1^{(e)}}} dt$$

Поскольку в последней формуле $L_1 > L_s$, то следует, что $W > 0$. Не учёт W в условии (15) может привести при решении задачи к так называемой «перегретой» зоне.

Замкнутая система дифференциальных уравнений (1)-(6), (8), (9) при соответствующих условиях заданных на межфазной границе (14)-(15) решаются численными методами на ЭВМ единой программой. В численных расчётах используются расчётные схемы «ловля фазового фронта в узлы разностной сетки» [10-12] и «дробные шаги фазового фронта» [13-15].

В качестве исходного материала были выбраны сульфидные рудные пробы месторождения Кокпатас [16-17]. Вещественный состав минералов и химических элементов определён рентгеноструктурным фазовым анализом с использованием рентгеноструктурного фазового анализа на дифрактометре Empyrean (Panalytical), сканирующего электронного микроскопа SEM EVO MA 10 (Carl Zeiss) и минералогопетрографических методов. Результаты рентгеноструктурного фазового анализа: кварц, пирит, глаукопирит (леллингит), арсенопирит, кальцит, пирротин, калиевый полевой шпат (КПШ), плагиоклаз, доломит, фосфат, хлорит, цеолит, гипс, монтмориллонит, гидрослюда, каолинит, гематит, сфалерит, молибденит, магнетит, галенит, кобальтин, муллит, халькозин, ильменит, делафоссит, роговая обманка, глауконит, халькофиллит, халькопирит, кубанит, сульванит, хромит, ципрусит (синоним ярозит). В исследуемой руде постоянно присутствуют сростания золотосодержащих сульфидов (пирит, арсенопирит) с халькопиритом, сфалеритом, тетраэдритом, марказитом и др. Спектральный анализ показал наличие следующих элементов: Cu, Pb, Zn, As, Ag, Sb, Ga, In, Mo, W, Ni, Co, Cr, V, Ti, Bi, Sn, Cd, Ge, Tl, Be, Li, Mn.

Содержание минералов: пирит - 3,4%, арсенопирит - 3,14%, углеродистого вещества и органического углерода 0,3%. Плотность - 2600 кг/м³, теплопроводность - 2,6 Вт/(м*К). Диэлектрическая проницаемость, ф/м: вода - 81, кальцит - 8, сера - 4.1, кварц - 3.8, пирит - 40, арсенопирит - 85. Тангенс угла диэлектрических потерь: вода - 0,15, кальцит - 0,09, сера - 0,08, кварцит - 0,05, пирит - 0,2, арсенопирит - 0,2. Пористость - 0,06. Глубина скважины 5 м, диаметр 0,25 м. Мощность излучателя 300 кВт. Магнитная проницаемость вакуума - $\mu_0 = 1.2566E-06$ Гн/м, диэлектрическая проницаемость вакуума $\epsilon_0 = 8.85E-12$ Ф/м. Сера: температура плавления=119,5°С, кипения 444,67°С, удельная теплота плавления = 53,6 кДж/кг, удельная теплоёмкость - 712 Дж/(кг*град), коэффициент теплопроводности - 2,6 Вт/(м*К).

В рамках этой модели исследовалось влияние: тепло- и электрофизических свойств; пространственная геометрия среды; выбор частоты и длины электромагнитной волны; мощность излучателя.

На основе численных исследований с использованием исходных данных образцов руд месторождения Кокпатас, рассчитаны резонансные частоты ВЧ ЭМВ на определённый минерал, от глубины пространственного залегания минералов, в котором тонко вкраплено золото (табл.1 и рис. 2).

Следует, отметить, что выбор резонансной частоты ВЧ ЭМВ на определённый минерал существенно зависит от состава и содержания в нём химических элементов, температуры и глубины проникновения ЭМВ.

Проведённые исследования показывают, что при воздействии электромагнитным импульсом СВЧ генератора мощностью более 60 кВт на каждый метр толщины осесимметричной породы происходит объёмное энерго поглощение и нагрев породы, кипение и испарение содержащейся в ней влаги. Из-за разной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь и степенью поглощения ЭМП минералами в каждом элементарном объёме происходит неоднородный нагрев минералов от нормальной температуры до сотен градусов (рис. 3, 4). В частности, на исследуемых поверхностях минералов, как пирит и арсенопирит за счет ЭМИ температура может достигать от 400 до 800°С. Железо (мгновенно), мышьяк взаимодействуют с СВЧ полем сначала на молекулярном, и серой на элементарном уровне.

К вопросу выбора резонансной частоты ВЧ ЭМВ от глубины залегания минералов

Глубина воздействия ЭМИ, м	Резонансная частота для минералов от глубины воздействия ЭМИ, ГГц					
	Вода (3%), ГГц	кальцит (5%), ГГц	Глина (3%), ГГц	кварцит (60%), ГГц	пирит (3,4%), ГГц	арсенопирит (3,14%), ГГц
0.25	3.5539	16.9628	21.2035	44.2613	3.7930	2.6020
0.50	1.7770	8.4814	10.6018	22.1307	1.8965	1.3010
0.75	0.8885	4.2407	5.3009	11.0653	0.9483	0.6505
1.00	0.5923	2.8271	3.5339	7.3769	0.6322	0.4337
1.25	0.4442	2.1204	2.6504	5.5327	0.4741	0.3252
1.50	0.3554	1.6963	2.1204	4.4261	0.3793	0.2602
1.75	0.2962	1.4136	1.7670	3.6884	0.3161	0.2168
2.00	0.2539	1.2116	1.5145	3.1615	0.2709	0.1859
2.25	0.2221	1.0602	1.3252	2.7663	0.2371	0.1626
2.50	0.1974	0.9424	1.1780	2.4590	0.2107	0.1446
3.00	0.1777	0.8481	1.0602	2.2131	0.1897	0.1301
3.25	0.1481	0.7068	0.8835	1.8442	0.1580	0.1084
3.50	0.1367	0.6524	0.8155	1.7024	0.1459	0.1001
3.75	0.1269	0.6058	0.7573	1.5808	0.1355	0.0929
4.00	0.1185	0.5654	0.7068	1.4754	0.1264	0.0867
4.25	0.1111	0.5301	0.6626	1.3832	0.1185	0.0813
4.50	0.1045	0.4989	0.6236	1.3018	0.1116	0.0765
4.75	0.0987	0.4712	0.5890	1.2295	0.1054	0.0723
5.00	0.0935	0.4464	0.5580	1.1648	0.0998	0.0685
0.00	0.0888	0.4241	0.5301	1.1065	0.0948	0.0650

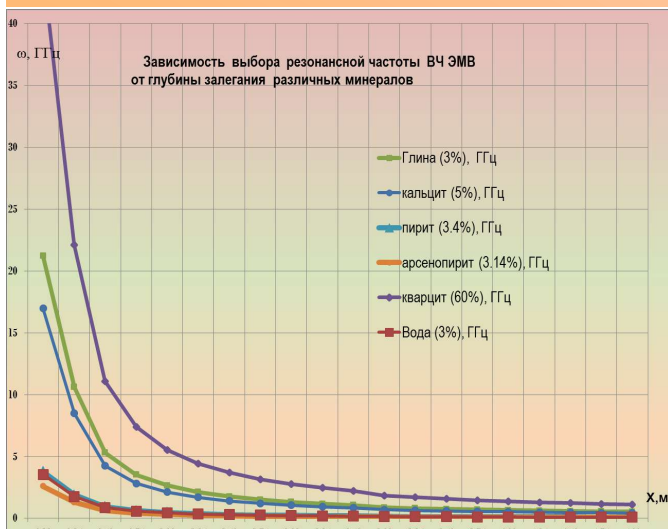


Рис.2. К вопросу выбора резонансной частоты ВЧ ЭМВ от глубины залегания минералов

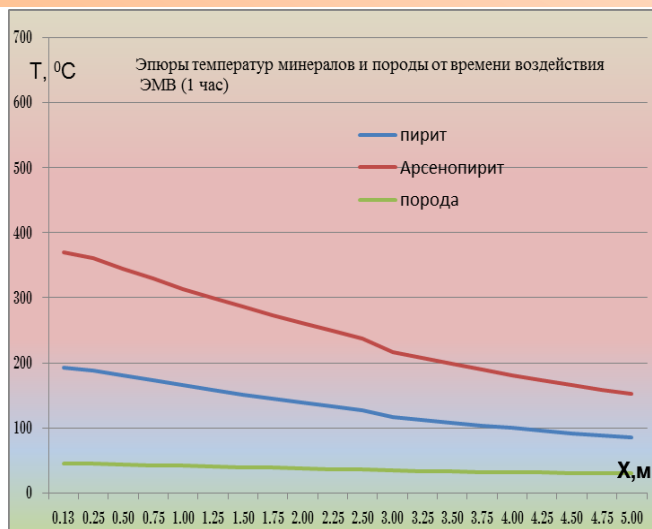


Рис.3. Эпюры температур минералов от воздействия ВЧ ЭМВ в течение 1 часа

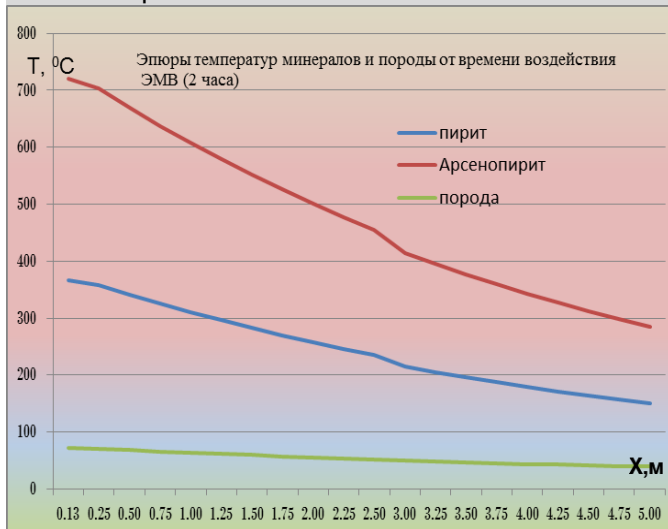


Рис.4. Эпюры температур минералов от воздействия ВЧ ЭМВ в течение 2 часов

На границах раздела фаз минералов возникают сильные термо-механические напряжения σ превышающие предел прочности σ_{π} , порода растрескивается и разрушается. Способствует этому неоднородный нагрев за счёт разной поглотительной способности электромагнитной энергией химических элементов минерала, при котором вследствие перепада температуры ΔT в минерале возникают напряжения, равные $\sigma = \alpha \Delta T E$, где E - модуль Юнга, α - коэффициент термического расширения. Таким образом, создание в минерале перепада температуры $\Delta T > \sigma_{\pi} / \alpha E$, обеспечивает разрушение минерала. Происходит дезинтеграция минеральных компонентов по межфазным границам с образованием микротрещин и каналов. Происходит перераспределение концентрации влаги по объёму, локализация зон интенсивного поглощения энергии поля на участках повышенной влажности, резкая интенсификация испарения и возникновение разрушающих давлений пара, которые совместно с термическими напряжениями, приводят к росту микротрещин. Со временем температура в каждом элементарном объёме выравнивается. Горная порода нагревается и расслаивается "взрывным" разрушением горных пород с образованием и развитием трещин за счёт совместного действия термических напряжений и порового давления паров, возникающих при фазо-

вом переходе содержащейся в породе влаги вследствие поглощения ею ЭМ энергии, упрощается дальнейшее отделение металлических включений от пустой породы.

Исходная руда представляла собой темно-серую окраску, содержание углестого вещества и органического углерода 0,3%. Исходный кальцит представляет собой синевато-зелено-темноватый цвет, из-за наличия в нём пирита и углестого вещества, и в процессе воздействия ЭМИ приобретает серо-белый цвет. Происходит отделение пирита от кальцита и выгорание углерода. Кварцит почти не меняет окраску. Мышьяк от минералов освобождается, возможно, часть вступает во взаимодействие с окислами железа, образуя арсенаты двух- и трехвалентного железа $Fe_3(AsO_4)_2$ и $FeAsO_4$. Либо переходит в твердое состояние в виде кристаллов серовато-зеленого скородита $FeAsO_4$.

Сера из сульфидных минералов отделяется, плавится, объемно расширяется и под создаваемым перепадом давления жидкая сера может течь относительно неподвижного скелета породы, например, к центру осе симметричной породы и кристаллизуется на дне скважины.

Разработана математическая модель и численно реализован процесс объемного воздействия ВЧ ЭМИ на породу.

Предложен и исследован способ разрушения кристаллической решетки минералов и вскрытия золота из особо упорных сульфидных золотомышьяковых руд прямо на месте его естественного залегания резонансным воздействием ВЧ ЭМВ.

Разработан способ передачи энергии этой энергии в горные породы в режиме резонансной частоты ЭМИ и устройства для его осуществления.

Библиографический список:

1. Чантурия В.А., Гуляев Ю.В., Лунин В.Д., Бунин И.Ж., Черепин В.А., Вдовин В.А., Корженевский А.В. Вскрытие упорных золотосодержащих руд при воздействии мощных электромагнитных импульсов. Доклады Академии наук, 1999, том 366, №5, С. 680-683.
2. Хван А.Б., Колесник В.Г., Саттаров Г.С., Латышев В.Е., Урусова Е.В. Исследование возможности применения СВЧ поля для процессов рудоподготовки при получении золота. Горный Вестник Узбекистана. 2002. № 2. С. 56-60.
3. Рахманкулов Д. Л., Шавшукова С.Ю., Вихарева И. Н., Чанышев Р. Р. Применение микроволнового излучения для извлечения металлов из промышленных отходов. Башкирский химический журнал. 2008, №2, том №15, С. 53-57.
4. Капица П.Л. Электродинамика больших скоростей. – УФН, 1962, т.78, вып. 2, С. 181-265.
5. Agafonov M. A., Arzhannikov A. V., Ginzburg N. S., et al. Super power generator of mm-waves driven by microsecond sheet beam // Digest of techn. papers. 11 th Intern. pulsed power conf., Baltimore, Maryland, USA, June 29 — July 2, 1997. Baltimore, 1997. pp. 121-126.
6. Петров В.М. Новые применения радиоэлектроники: разупрочнение горных пород мощным электромагнитным полем СВЧ. <https://rit.informost.ru/rit/2-2002/35.pdf>.
7. Гончаров С.А., Ананьев П.П., Бруев В. П. Математическое моделирование процесса разупрочнения железистых кварцитов при их магнитно-импульсной обработке (МИО). - Москва: Горный информационно - аналитический бюллетень, №10, 2005, С. 5-9.
8. Красновский С.С. Исследование взаимодействия электромагнитных полей ВЧ и СВЧ с горными породами для разработки способов и средств их разрушения. Автореферат кандидатской диссертации, Москва, 1999.
9. Хван А.Б. Микроволновая технология извлечения золота – будущее золотодобывающей промышленности. Тезисы докладов V конгресса обогатителей стран СНГ, 2005, том №2, Москва, С.66-68.
10. Буда Б.М., Васильев Ф.П., Успенский А.Б. Разностные методы решения некоторых задач типа Стефана. - М: Изд. МГУ, с сб. Численные методы в газовой динамике, вып. 4, 1965, С.139-182.
11. Буда Б.М., Соловьев Е.Н. и др. разностный метод со слаживанием коэффициентом. ЖВМ и МФ, 1965, вып.5, С.828-840.
12. Буда Б.М., Гольдман Н.Л., Успенский А.Б. Разностные схемы с выпрямлением фронтов для много фронтных задач типа Стефана. В сборнике ВМ и программирование. Изд. МГУ, 1967, вып.4, С.207-216.
13. Волков С.А. Численное решение двухфазной задачи типа Стефана. Изд. МГУ в сб. ВЦ МГУ, 1967, вып.6, С.217-230.
14. Усманов Р. Численное исследование процесса тепло - и массопереноса в насыщенной пористой среде при наличии объемного источника тепла из-за поглощения энергии ЭМИ. – Москва, Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Научный отчет № 3305, 1986, 107 с.
15. Усманов Р., Снитка Н.П., Математическое моделирование тепло - и массопереноса в горных породах с использованием диафрагмы фазового перехода. Сборник докладов II международной научно-технической конференции "Современные инновационные технологии добычи и переработки полезных ископаемых". - Москва, Росатом, 2015, С.142-154.
16. Цой В.Д., Булин С.Е., Усманов Р., Хван А.Б. Минералого-геохимические особенности исходных руд и продуктов обогащения ГМЗ-3. - Москва, Горный журнал, 2018, № 9, (2254), С. 51-57.
17. Цой В.Д., Королёва И.В., Усманов Р., Хван А.Б. Минералого-геохимические особенности исходных концентратов проб биокисления и цианирования ГМЗ-3. - Москва, Горный журнал, 2017, С.49-57.
18. Чантурия В. А., Вайсберг Л. А., Козлов А. П. Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья // Обогащение руд. 2014. № 2. С. 3-9. DOI: 10.17580/or.2014.02.01.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 41-46

ON THE ISSUE OF OPENING GOLD FROM PARTICULARLY REFRACTORY SULFIDE GOLD-ARSENIC ORES AT THE PLACE OF ITS NATURAL OCCURRENCE BY RESONANT EXPOSURE TO HIGH-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC WAVES

¹Usmanov R.I., Team Leader of the Innovation Center for the Introduction of New Technologies, R.Usmanov@ngmk.uz

¹Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract:

The results of numerical studies of the opening of gold from particularly resistant sulfide gold-arsenic ores at the site of its natural occurrence by the resonant influence of HF EMV are described. Special attention is paid to numerical modeling taking into account the natural occurrence of an ore Deposit, the possibility of practical implementation, and the choice of resonant frequencies of an electromagnetic pulse.

Keywords: refractory sulfide gold-arsenic ores, opening of gold, microwave technology, destruction of the shell of minerals.

References

1. Chanturia V.A., Gulyaev Y.V., Lunin V.D., Bunin I.Y., Cherepin V.A., Vdovin V.A., Korzhenevsky A.V. Autopsy of persistent gold-containing ores when exposed to powerful electromagnetic pulses. Reports of the Academy of Sciences, 1999, Volume 366, No.5, pp.680-683.
2. Khvan A. B., Kolesnik V. G., Sattarov G. S., Latyshev V. E., Urusova E. V. Investigation of the possibility of using a microwave field for ore preparation processes in the production of gold. Mountain Bulletin Of Uzbekistan. 2002. No. 2. pp. 56-60.
3. Rakhmankulov D. L., Shavshukova S. Yu., Vihhareva I. N., Chanyshv R. R. application of microwave radiation for extraction of metals from industrial waste. Bashkir chemical journal. 2008, no. 2, volume no. 15, pp. 53-57.
4. Kapitsa P. L. Electrodynamics of high speeds. - UFN, 1962, vol. 78, vol. 2, pp. 181-265.

5. Agafonov M. A., Arzhannikov A. V., Ginzburg N. S., et al. Super power generator of mm-waves driven by microsecond sheet beam // Digest of techn. papers. 11 th Intern. pulsed power conf., Baltimore, Maryland, USA, June 29 — July 2, 1997. Baltimore, 1997. pp. 121-126.
6. Petrov V. M. New applications of Radioelectronics: softening of rocks by a powerful electromagnetic field of the microwave. <https://rit.informost.ru/rit/2-2002/35.pdf>.
7. Goncharov S. A., Ananyev P. P., Bruev V. P. Mathematical modeling of the process of softening of ferruginous quartzites during their magnetic pulse processing (MIO). - Moscow: Gorniy information and analytical Bulletin, no. 10, 2005, pp. 5-9.
8. Krasnovsky S. S. Research of interaction of electromagnetic fields of RF and microwave with rocks for development of ways and means of their destruction. Abstract of the candidate's thesis, Moscow, 1999.
9. Khvan A. B. Microwave gold extraction technology – the future of the gold mining industry. Abstracts of reports of the V Congress of enrichment companies of the CIS countries, 2005, vol. 2, Moscow, pp. 66-68.
10. Budak B. M., Vasil'ev F. P., Uspenskiy A. B. difference methods of solution of some problems of the Stefan type. - M: Ed. MSU, with a collection of Numerical methods in gas dynamics, vol. 4, 1965, pp. 139-182.
11. Budak B. M., Soloviev E. N., and others. difference method with smoothing coefficient. ZhVM and MF, 1965, vol.5, pp. 828-840.
12. Budak B. M., Goldman N. L., Uspenskiy A. B. Difference schemes with front rectification for many front problems of the Stefan type. In the collection of computers and programming. Ed. Moscow state University, 1967, vol.4, pp. 207-216.
13. Volkov S. A. Numerical solution of a two-phase Stefan-type problem. Ed. Moscow state University in sat. VTS MSU, 1967, vol.6, pp. 217-230.
14. Usmanov R. Numerical study of the process of heat and mass transfer in a saturated porous medium in the presence of a volumetric heat source due to the absorption of EMI energy. - Moscow, Institute of mechanics of Moscow state University. M. V. Lomonosova, Scientific report No. 3305, 1986, 107 p.
15. Usmanov R., Snitka N. P., Mathematical modeling of heat and mass transfer in rocks using a phase transition diaphragm. Collection of reports of the II international scientific and technical conference "Modern innovative technologies of mining and processing of minerals". - Moscow, Rosatom, 2015, pp. 142-154.
16. Tsoi V. D., Bulin S. E., Usmanov R., Khvan A. B. Mineralogical and geochemical features of initial ores and products of GMZ-3 enrichment. - Moscow, Mining magazine, 2018, № 9, (2254), pp. 51-57.
17. Tsoi V. D., Koroleva I. V., Usmanov R., Khvan A. B. Mineral and geochemical features of initial concentrates of GMZ-3 bio-oxidation and cyanidation samples. - Moscow, Gorniy Zhurnal, 2017, pp. 49-57.
18. Chanturia V. A., Weisberg L. A., Kozlov A. P. Priority directions of research in the field of processing of mineral raw materials // ore Enrichment. 2014. No. 2. pp. 3-9. DOI: 10.17580/or.2014.02.01.

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, 227-64-73
Факс: (+99879) 223-48-78
E-mail: infony@ngmk.uz



АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ СПЛАВА АК12М2, ЛЕГИРОВАННЫХ СУРЬМОЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ХЛОРИДА НАТРИЯ

Maqolada surma metallini AK12M2 qotishmasi neytral muhitdagi (turlu konsentratsiyalarda - 0,03, 0,3 va 3,0% NaCl) anod xatti-harakatlariga ta'sirini o'rganish natijalari keltirilgan. Shuni ta'kidlash kerakki, barcha holatlarda, namunalar eritmaga botirilganda, ma'lum vaqtdan keyin korroziya potentsiali ijobiy tomonga siljiydi va keyin barqarorlashadi. Shu bilan birga, agar surmasiz qotishma korroziya potentsialini 50 minut ichida barqarorlashtirsa, unda sumador qotishmada bu 25-30 minut ichida ikki baravar tez sodir bo'ladi, bu surma qo'shimchalari ta'sirida nisbatan yuqori passivatsiyani ko'rsatadi.

Tayanch iboralar: qotishma, silumin, surma, korroziya, potentsial, anod, qutblanish.

В статье приведены результаты исследования влияния сурьмы на анодное поведение сплава АК12М2, в нейтральной среде (при разных концентрациях – 0,03; 0,3 и 3,0%-ного NaCl). Следует отметить, что во всех случаях при погружении образцов в раствор, потенциал коррозии спустя некоторое время смещается в положительную сторону и далее стабилизируется. При этом, если у нелегированного сплава стабилизация потенциала коррозии наблюдается в течение 50 минут, то у легированных сплавов это происходит в два раза быстрее, в течение 25-30 минут, что свидетельствует об относительно высокой их пассивации под воздействием добавок сурьмы.

Ключевые слова: сплав, силумин, сурьма, коррозия, потенциал, анод, поляризация.

Назаров Х.М.,
директор филиала агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан,
д.т.н. профессор



Осими Окил
зав. кафедрой "Разработка месторождений полезных ископаемых" Горно-металлургического института Таджикистана, доцент, к.т.н.



Для исследования были синтезированы сплавы АК12М2, легированные сурьмой (от 0,05 до 3,0% Sb) и из них отливались цилиндрические стержни диаметром 10 и длиной 100 мм. Исследования проводились на потенциостате ПИ-50-1 в нейтральной среде хлорида натрия. Методика исследования подробно описано в работах [1-3].

Исследование анодного растворения сплавов АК12М2, легированного сурьмой в нейтральной среде (при разных концентрациях – 0,03; 0,3 и 3,0% NaCl) показало, что анодные оксиды на этих сплавах не имеют пор, обладают ионной проводимостью и отличаются высоким электрическим сопротивлением. Рост плотных оксидных слоев происходит, если через них возможна диффузия ионов растворяющегося сплава и анионов, атомов кислорода, иона гидроксидных групп. Резкое смещение потенциала свободной коррозии в положительную область для исследованных сплавов отмечается в первые 5-10 мин (рис. 1).

Из рис.1 видно, что потенциал свободной коррозии сплава АК12М2 с увеличением содержания сурьмы от 0,05 мас.% до 3,0 мас.% вызывает резкий сдвиг в положительную область от (-0,73) В до (-0,648) В, соответственно. Стационарные потенциалы сплавов во всех случаях положительнее, чем исходного сплава АК12М2.

Необходимо отметить, что в абсолютно всех вариантах при загрузке пробы в водных растворах, стационарный потенциал устанавливается быстро в течение 50-60 мин. При этом легированные сурьмой сплавы характеризуются более положительными значение, чем исходные сплавы АК12М2. Измерение потенциала свободной коррозии сплавов проводилось при 298 К (табл. 1).

Далее анодные кривые получали со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с. Потенциалы коррозии сплавов во всех случаях характеризуются также более положительными.

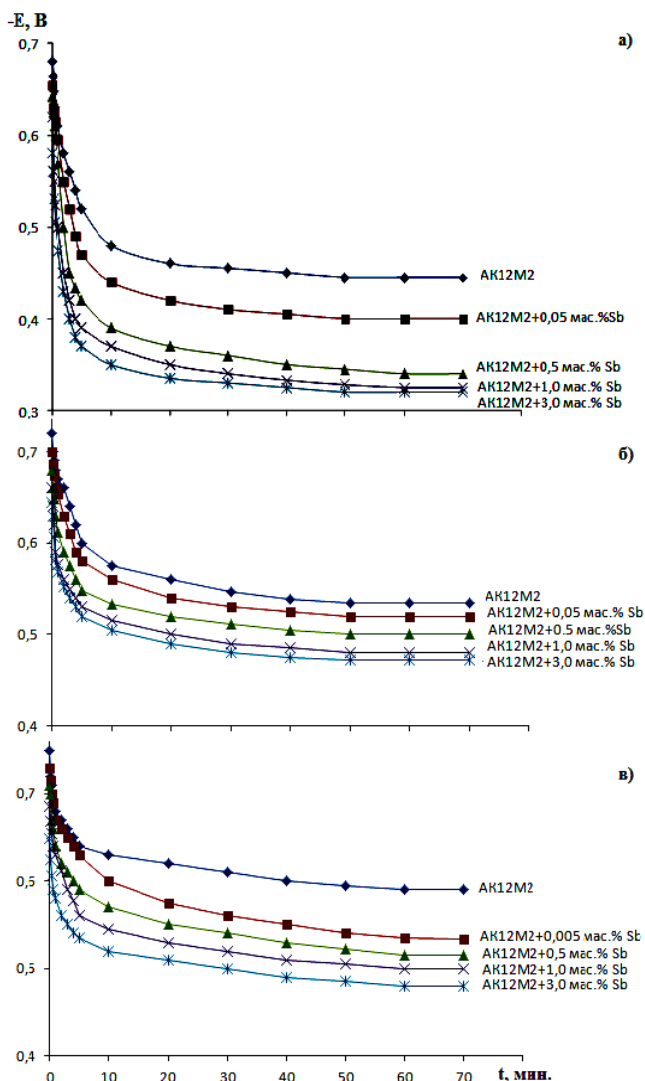


Рис. 1. Временная зависимость потенциала свободной коррозии (-E, В) сплавов АК12М2, легированного сурьмой в нейтральной среде: а) 0,03%; б) 0,3%; в) 3%-ного водного раствора хлорида натрия

Таблица 1
Величина потенциала свободной коррозии сплава АК12М2, легированного сурьмой, от концентрации хлорида натрия

Содержание сурьма, мас. %	-E _{св.корр.} , В		
	0,03% NaCl	0,3% NaCl	3% NaCl
-	0,445	0,534	0,593
0,05	0,400	0,520	0,530
0,50	0,340	0,500	0,515
1,00	0,320	0,480	0,500
3,00	0,320	0,472	0,484

По мере увеличения содержания сурьмы в сплавах потенциал пittingобразования ($E_{п.о.}$) и репассивации ($E_{реп.}$) сплавов смещается в более положительную сторону. Изменения содержания сурьмы в составе сплавов АК12М2 от 0,01 до 1,0 мас.% Sb понижает скорость коррозии в 2 раза. Оптимальным следует считать добавки сурьмы в пределах до 0,5–3,0 мас.%. При этом скорость коррозии и плотность тока почти в два раза меньше у сплава АК12М2 модифицированного сурьмой 3,0 мас.% ($3,69 \cdot 10^{-3}$ г/м²·час и 0,11 А/м²), чем исходный сплав АК12М2 (8,04·10⁻³ г/м²·час и 0,024 А/м²), соответственно (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что с увеличением концентрации хлорид-ионов потенциалы коррозии уменьшаются, а скорость коррозии сплава АК12М2, легированных сурьмой, увеличиваются, что указывает на снижение коррозионной стойкости сплавов под воздействием хлорид-ионов. Легирование сурьмой сплавов приводит к постепенному смещению потенциала свободной коррозии в положительную область. Потенциал репассивации с ростом концентрации сурьмы в среде электролита 0,3% NaCl несколько смещается в отрицательную область.

Таблица 2

Влияние сурьмы на коррозионно-электрохимические характеристики сплава АК12М2, в нейтральной среде

Содержание Sb в сплаве, мас. %	Электрохимические свойства				Скорость коррозии	
	-E _{св.корр.}	-E _{корр.}	-E _{п.о.}	-E _{реп.}	i _{корр.}	K*10 ⁻³
В						
0,03%-ного водного раствора хлорида натрия						
-	0,445	0,950	0,460	0,550	0,017	5,69
0,05	0,400	0,900	0,440	0,530	0,014	4,69
0,50	0,340	0,860	0,420	0,510	0,010	3,35
1,00	0,320	0,840	0,410	0,480	0,009	3,02
3,00	0,320	0,825	0,400	0,464	0,008	2,68
0,3%-ного водного раствора хлорида натрия						
-	0,534	0,980	0,500	0,560	0,021	7,04
0,05	0,520	0,960	0,475	0,540	0,015	5,03
0,50	0,500	0,920	0,450	0,524	0,013	4,36
1,00	0,480	0,900	0,430	0,510	0,011	3,69
3,00	0,472	0,900	0,416	0,500	0,009	3,02
3%-ного водного раствора хлорида натрия						
-	0,593	1,050	0,550	0,600	0,024	8,04
0,05	0,530	1,020	0,520	0,580	0,019	6,36
0,50	0,515	0,950	0,500	0,560	0,014	4,69
1,00	0,500	0,930	0,480	0,540	0,012	4,02
3,00	0,484	0,920	0,480	0,520	0,011	3,69

Библиографический список:

1. Ганиев И.Н., Осими Окил, Сангов М.М., Назаров Х.М. Влияние сурьмы на коррозионно-электрохимическое поведение сплава АК12 в среде электролита 3% NaCl. // Вестник Таджикского технического университета им.М.С.Осими. 2013. №4(24). С. 47-50.
2. Осими Окил, Ганиев И.Н., Назаров Х.М., Бердиев А.Э. Анодное поведение сплава АК12, легированного сурьмой в среде электролита NaCl. // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Т.57. №7. С. 84-87.
3. Осими Окил, Назаров Х.М., Ганиев И.Н. Влияние сурьмы на анодное поведение сплава АК12М2, в среде 0,3%-ного раствора NaCl. // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2017. №1. С. 10-13.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 47-48

ANODIC DISSOLUTION OF ALLOY AK12M2 DOPED BY ANTIMONY IN AQUEOUS SOLUTIONS OF SODIUM CHLORIDE

¹Nazarov 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

²Osimi Okil, Head Department of "Development of mineral deposits" of the Mining and Metallurgical Institute, Ph.D., osimiokil@mail.ru

¹Branch of the Agency for Nuclear and Radiation Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Buston, Tajikistan

²Mining and Metallurgical Institute, Buston, Tajikistan

Abstract

The results of the study on the effect of antimony alloy anodic behavior AK12M2 alloy, in a neutral environment (at different concentrations - 0.03; 0.3 and 3.0% NaCl). It should be noted that in all cases, the corrosion potential of samples immersin into a solution after some time shifts in the positive direction and then stabilized. In this case, if the stabilization in undoped alloy corrosion potential is observed within 50 minutes, then in doped alloys it occurs twice as fast, within 25-30 minutes, indicating a relatively higher influence of antimony passivation additives.

Keywords: alloy, silumin, antimony, corrosion potential, anode, polarization.

References

1. Ganiev I.N., Osimi Okil, Sangov M.M., Nazarov H.M. The effect of antimony on the corrosion-electrochemical behavior of the AK12 alloy in an electrolyte of 3% NaCl. // Bulletin of the Tajik Technical University named after M.S.Osimi. 2013. No4 (24). pp.47-50.
2. Osimi Okil, Ganiev I.N., Nazarov H.M., Berdiev A.E. The anodic behavior of the AK12 alloy doped with antimony in a NaCl electrolyte. // News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2014. V. 57. Number 7. pp.84-87.
3. Osimi Okil, Nazarov H.M., Ganiev I.N. The effect of antimony on the anodic behavior of AK12M2 alloy in a medium of 0.3% NaCl solution. // Proceedings of the universities of Kyrgyzstan. 2017. No1. pp.10-13.

ТВЕРДОСТЬ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПОКРЫТИЙ ДО И ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ushbu maqolada gazni gazga aylantirish usuli bilan qismlarni mashina quyish uchun metall kompozit materiallar asosida modellashtirish nazariyasi va texnologiyasining asoslari keltirilgan. PG-S27 turdagi turli xil mashinalarning aşınmaya bardoshli va mikroto'liqinli quyma qismlarining qattiq qotishma qismlarini qattiqligi va mikro tuzilishini aniqlash usuli taklif qilinmoqda va quyma qismlarni ikki fazali kristallanadigan issiqlik bilan ishlov berish texnologiyasi ishlab chiqilgan. Qalinligi 2,0 va 2,5 mm bo'lgan karbid qoplamalarining tarkibiy almashinuvi mexanizmlari o'rganildi. Issiqlik bilan ishlov berishdan oldin va keyin ikki fazali kristallanishning mikrodarajasini aniqlash uchun blokning sirtini va teri osti aşınma direncini o'rganish natijalari keltirilgan.

Tayanch iboralar: gazlanuvchi tuzilish, quyma pulat 35GL, PG-S27 karbid qoplamasi, materialning qattiqligi va mikro tuzilishi, ikki fazali kristallanish issiqlik bilan ishlov berish, qismlarning korroziyaga chidamliligi.

В данной статье рассмотрены теоретические и технологические основы изготовления металлокомпозиционных материалов для литых деталей машин путем литья по газифицируемым моделям. Представлена методика определения твердости и микротвердости образцов и литых деталей различных машин с твердосплавным износостойким покрытием типа сормайт ПГ-С27. Созданы технология термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией для литых деталей. Изучен механизм структурообразования твердосплавных покрытий с толщиной 2,0 и 2,5 мм. Приведены результаты исследований по определению микротвердости образцов до и после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией, повышающей износостойкость поверхностных и подповерхностных слоев изделий.

Ключевые слова: газифицируемая пеномодель, литая сталь 35ГЛ, твердосплавное покрытие ПГ-С27, твердость и микротвердость материала, термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией, износостойкость деталей.

Главное качество большинства деталей определяется в первую очередь по твердости. Твердость и микротвердость металлов и сплавов зависят от химсостава, механических свойств и обработки. Твердость металлов в отожженном состоянии бывает низкой, а после термической обработки - высокой. Поэтому твердостью металла называют свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при контактом воздействии индентора на поверхностные слои материала. Определение твердости вследствие быстроты и простоты осуществления, а также возможность без разрушения изделия судить о его свойствах [1], получило широкое применение для контроля качества материала в металлических слоистых [2] литых деталях и изделиях.

Очень многие детали металлургических и сельскохозяйственных машин выходят из строя в результате абразивного изнашивания. Эти детали подвергаются поверхностному упрочнению. К таким видам относятся термическая и химико-термическая обработка металлов и сплавов, а также токами высокой частоты. Именно к таким деталям относятся ролики прокатного стана или лапы культиваторов почвообрабатывающих машин [3]. В основном эти детали изготавливаются в АО «Чирчиксельмаш», АО «Агрегатный завод» и других металлургических комбинатах республики литьем из низкоуглеродистой стали и не соответствуют существующему ГОСТу, а срок годности этих деталей не превышает одного сезона из-за низкой твердости и невысокого качества. Данные детали во время работы изнашиваются по почве или по металлу и выходят из строя в результате износа. Поэтому в настоящее время эти детали изготавливаются из высоколегированной стали путем литья по газифицируемым моделям с износостойким твердосплавным покрытием и их последующей термической обработкой с двойной фазовой перекристаллизацией [3].

Основной целью данной работы являются определение твердости и микротвердости поверхностных слоев, полученных литых деталей с износостойким твердосплавным покрытием путем литья по пенополистироловым газифицируемым моделям и повышение износостойкости методом термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией [4]. Сначала получается пеномодель с помощью алюминиевых пресс-форм, пеномодель покрывается твердосплавным износостойким покрытием типа сормайт ПГ-С27, потом формируется в литейную опоку-контейнер и заливается жидким металлом - сталь 35ГЛ. Во время заливки пеномодель сгорает, а её место заполняется расплавом.

Таким способом изготавливаются и получают литые детали с износостойким твердосплавным покрытием толщиной до 3 мм.

Методы определения твердости металлических образцов: На приборах Бринелля, Роквелла и Виккерса нельзя определять твердость микроскопически малых объемов металла, например, микротвердость [5] отдельных структурных составляющих металлов и их сплавов, так как глубина поверхностного слоя и площадь отпечатка от вдавливания шарика, конуса или пирамиды значительны. Определение микротвердости (по HV) осуществляли на специальном приборе ПМТ-3, на котором можно находить микротвердость поверхностных покрытий специально приготовленных образцов из стали 35ГЛ [6]. Данные образцы изготавливали из стали 35ГЛ при помощи шлифовального и полировального станка. Далее измеряется микротвердость поверхностных и подповерхностных слоев образцов и деталей машин.

Подготовка образцов и определение микротвердости. Обычно образцы ленты и фольги испытывают без подготовки, а цементированные, нитроцементированные, азотированные, цианированные, хромированные, борированные и другие образцы, которые имеют поверхностные слои, шлифуют, полируют, промывают, сушат и после полной очистки определяют микротвердость металлов по глубине. При нахождении твердости отдельных структурных составляющих [7] поверхность образца должна быть подготовлена так же, как для металлографического исследования (шлифование, полирование, травление и др.). После этих операций образцы промываются ватой с проточной водой, сушатся, а далее измеряется микротвердость поверхностного слоя [6,7]. Размеры специально приготовленных образцов с износостойким твердосплавным покрытием были 12x12, 12x15, 15x20, 20x20, 20x22, 22x22 мм.

Четырехгранная алмазная пирамида (с углом при вершине 136°) вдавливается в испытываемый материал под очень небольшой нагрузкой 0,05÷5Н (5÷500 г). Для нагружения применяют специальные грузы в форме шайб с вырезом массой 5,10,20,50,100,200 и 500 г. Число твердости выражается в величинах твердости Н и определяется по формуле:

$$H = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1.8544 \frac{P}{d^2} \text{ Н/мм}^2, \text{ кг/мм}^2$$

Тилабов Б.К.,
зав. кафедрой «Технология машиностроения» Алмалыкского филиала ТашГТУ им. Ислама Каримова, д.т.н., профессор



Нормуродов У.Э.,
ассистент соискатель кафедры «Технология машиностроения» Алмалыкского филиала ТашГТУ им. Ислама Каримова



где P – нагрузка на пирамиду, H ($кг$);
 d – средняя арифметическая длина обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, $мм$;

α – угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равной 136° ;

H – микротвердость, $МПа$.

Использование метода измерения микротвердости позволяет определять твердость тонкого листового и фольгового материала, тонких поверхностных слоев металлических покрытий и отдельных структурных составляющих твердых сплавов (рис. 1). Также методом микротвердости можно находить твердость отдельных зерен или даже очень тонких поверхностных слоев, тонких защитных покрытий и металлических мелких изделий.

Все образцы и литые детали после исследований, для того чтобы повысить твердость поверхностных и подповерхностных слоев, обязательно подвергаются различным специальным оптимальным режимам термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией. Термическая обработка проводилась при температуре нагрева от 900° до $1150^\circ C$. После термической обработки все образцы отпускали от 200° до $600^\circ C$ и получали необходимые твердости, микротвердости, микроструктуры и износостойкости, специальных образцов и деталей. Твердость образцов в отожженном состоянии определяли по Бринеллю ($HВ$), закаленном состоянии по Роквеллу (HRC), а микротвердости поверхностных и подповерхностных слоев образцов до основного металла по ПМТ-3 (HV).



Рис.1. Порядок измерения микротвердости поверхностных и подповерхностных слоев образцов до основного металла со структурными составляющими из твердых сплавов. X300

В настоящей работе приведены данные о микротвердости до и после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией металлических образцов, полученных путем литья по газифицируемым моделям с толщиной покрытия $2,0 мм$ (табл.1,2) и (рис.2 а, б), а также $2,5 мм$ (табл.3, 4) и (рис.3 а, б). Полученные результаты отвечают всем требованиям ГОСТа и производственных предприятий республики.

Анализируя весь цикл распределения микротвердости на образцах с твердосплавными покрытиями, полученными при литье по газифици-

Таблица 1
 Значения микротвердости образцов по глубине твердосплавного покрытия с толщиной слоя $2,0 мм$, полученного при литье по газифицируемым моделям до термической обработки

№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀	№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀
1	0,05	946	11	0,55	274
2	0,10	946	12	0,60	254
3	0,15	824	13	0,65	254
4	0,20	724	14	0,70	221
5	0,25	464	15	0,75	236
6	0,30	383	16	0,80	206
7	0,35	383	17	0,85	204
8	0,40	350	18	0,90	236
9	0,45	254	19	0,95	221
10	0,50	297	20	1,00	221

Таблица 2
 Значения микротвердости образцов по глубине твердосплавного покрытия с толщиной слоя $2,0 мм$, полученного при литье по газифицируемым моделям после термической обработки

№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀	№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀
1.	0,05	1100	11.	0,55	824
2.	0,10	1100	12.	0,60	642
3.	0,15	946	13.	0,65	514
4.	0,20	824	14.	0,70	480
5.	0,25	946	15.	0,75	514
6.	0,30	784	16.	0,80	480
7.	0,35	1100	17.	0,85	514
8.	0,40	824	18.	0,90	480
9.	0,45	824	19.	0,95	514
10.	0,50	724	20.	1,00	480

Таблица 3
 Значения микротвердости образцов по глубине твердосплавного покрытия с толщиной слоя $2,5 мм$, полученного при литье по газифицируемым моделям до термической обработки

№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀	№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀
1.	0,05	1430	16.	0,80	824
2.	0,10	1430	17.	0,85	946
3.	0,15	1430	18.	0,90	383
4.	0,20	1290	19.	0,95	322
5.	0,25	1400	20.	1,00	322
6.	0,30	1290	21.	1,05	322
7.	0,35	1100	22.	1,10	322
8.	0,40	946	23.	1,15	350
9.	0,45	724	24.	1,20	322
10.	0,50	946	25.	1,25	322
11.	0,55	724	26.	1,30	274
12.	0,60	642	27.	1,35	322
13.	0,65	514	28.	1,40	274
14.	0,70	724	29.	1,45	274
15.	0,75	824	30.	1,50	254

руемым моделям с толщиной покрытия $2,0$ и $2,5 мм$ из твердого сплава типа сормайт ПГ-С27, можно видеть, что чем больше толщина покрытия, тем лучше качество материала. Установлено, что все экспериментальные исследования, включая измерения микротвердости, находятся в хорошем согласовании. Особенно термообработанные литые детали с износостойким твердосплавным покрытием повышают износостойкость и долговечность в два и более раза [8].

Таблица 4
 Значения микротвердости образцов по глубине твердосплавного покрытия с толщиной слоя $2,5 мм$, полученного при литье по газифицируемым моделям после термической обработки

№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀	№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV ₁₀
1.	0,05	1530	14.	0,70	946
2.	0,10	1530	15.	0,75	824
3.	0,15	1530	16.	0,80	824
4.	0,20	1400	17.	0,85	724
5.	0,25	1290	18.	0,90	642
6.	0,30	1100	19.	0,95	642
7.	0,35	824	20.	1,00	514
8.	0,40	824	21.	1,05	514
9.	0,45	724	22.	1,10	420
10.	0,50	724	23.	1,15	420
11.	0,55	946	24.	1,20	464
12.	0,60	724	25.	1,25	420
13.	0,65	824	26.	1,30	420

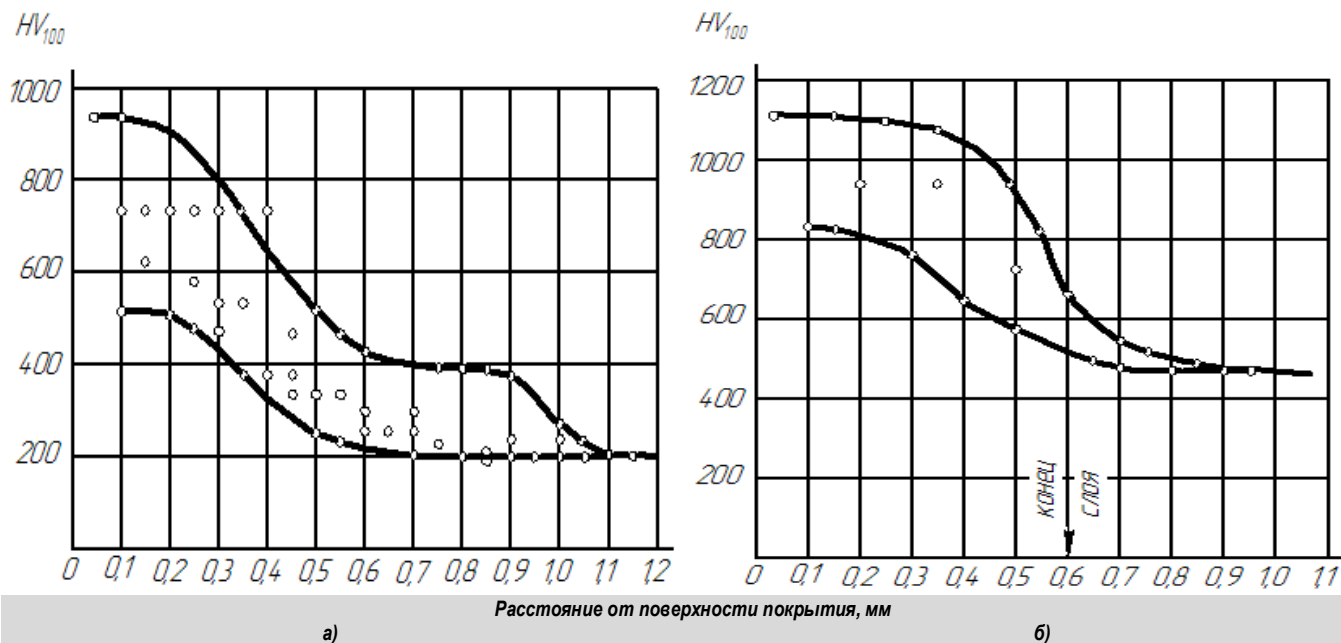


Рис.2. Значения микротвердости по глубине твердосплавного износостойкого покрытия до (а) и после термической обработки (б) литых образцов с толщиной 2,0 мм

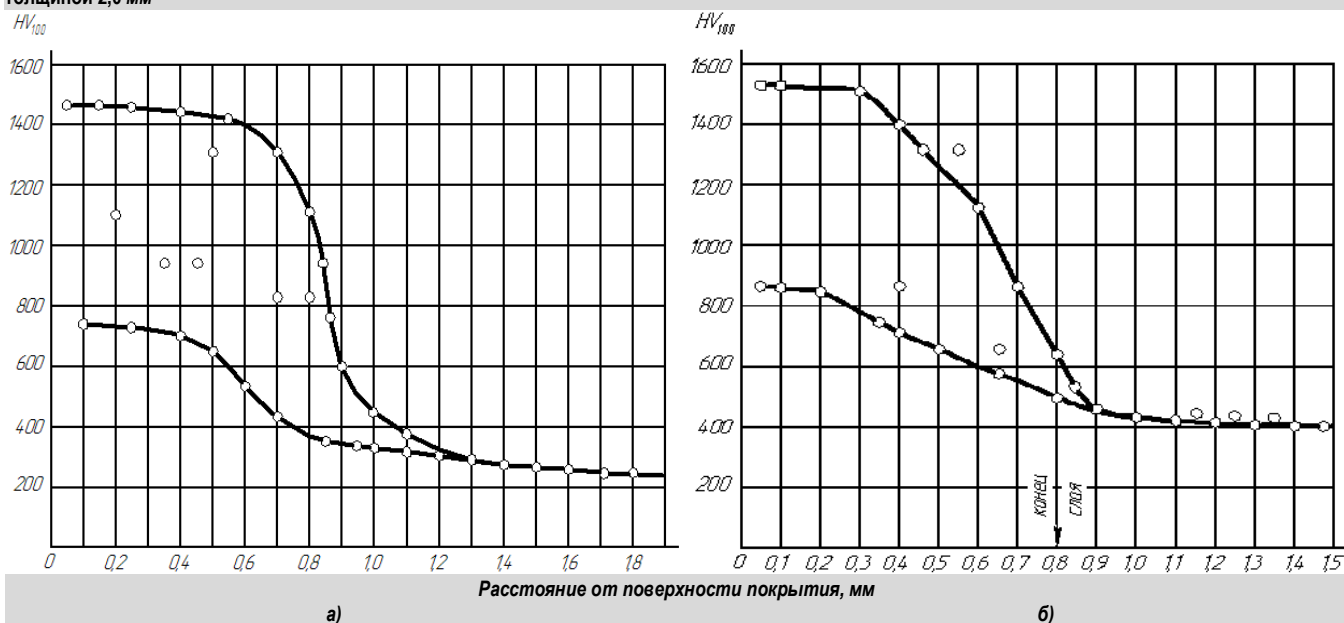


Рис.3. Значения микротвердости по глубине твердосплавного износостойкого покрытия до (а) и после термической обработки (б) литых образцов с толщиной 2,5 мм

Библиографический список:

1. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСиС, 2008. – 417 с.
2. Мацяс Ю.А. Пенополистирол и его применение в технологии ЛГМ. Доклад в сб. трудов 1-й Международной НПК «Литьё по газифицируемым моделям». – СПб.: 2007. – С.63-66.
3. Тилабов Б.К. Технология получения пеномодели и литых деталей почвообрабатывающих машин с твердосплавным покрытием // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2004. – С.67-70.
4. Тилабов Б.К. Решение проблемы технологии получения литых деталей машин и механизмов с износостойким твердосплавным покрытием из местного сырья Республики Узбекистан // Узбекский журнал Проблемы Механики. – Ташкент, 2014. №1. – С. 37-42.
5. Харитонов Л.Г. Определение микротвердости материалов. – М.: Машиностр-е, 2005. – 147 с.
6. Тилабов Б.К. Измерение микротвердости поверхностных и подповерхностных слоев литых стальных деталей до и после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией ГУП «Фан ва тараққиёт» // Композиционные материалы. – Ташкент, 2015. №4. – С.84-86.
7. Мухамедов А.А. Механизм структурной перекристаллизации при термической обработке стали // Сб. научных трудов ТашПИ. – Ташкент, 1997. – С. 3-10.
8. Tilabov B.K. Heat treatment of wear resistant hardalloyed coating of the details obtained by casting on gasified models. Journal of Technical University of Gabrovo. – Bulgaria. 2015. Vol.49. – pp. 11-14.

HARDNESS AND MICROHARDNESS OF CARBIDE COATINGS BEFORE AND AFTER HEAT TREATMENT.

¹Tilabov B.K., Head Department of Engineering Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor

¹Normurodov U.E., assistant Department of "Engineering Technology"

¹Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Almalyk, Uzbekistan

Abstract

The article discusses the theoretical and technological foundations for the manufacture of metal composite materials for cast parts of machines by casting on gasified models. A method for determining the hardness and microhardness of samples and cast parts of various machines with a hard-alloy wear-resistant coating of the type PG-C27 is presented. Created heat treatment technology with double phase recrystallization for cast parts. The mechanism of structure formation of carbide coatings with a thickness of 2.0 and 2.5 mm was studied. The results of studies to determine the microhardness of samples before and after heat treatment with double phase recrystallization, which increases the wear resistance of the surface and subsurface layers of products, are presented.

Keywords: gasified foam model, 35GL cast steel, PG-C27 hard-alloy coating, hardness and microhardness of the material, heat treatment with double phase recrystallization, wear resistance of parts.

References

1. Zolotarevsky V.S. The mechanical properties of metals. 4th ed., Rev. and add. - M.: MISiS, 2008. -- 417 p.
2. Matsyas Yu.A. Expanded polystyrene and its use in LGM technology. Report in Sat Proceedings of the 1st International NPK "Casting on gasified models." - SPB.: 2007. - pp. 63-66.
3. Tilabov B.K. The technology for producing foam models and cast parts of tillage machines with carbide coating // Vestnik TashGTU. - Tashkent, 2004. - pp. 67-70.
4. Tilabov B.K. Solution of the problem of technology for producing cast parts of machines and mechanisms with wear-resistant carbide coating from local raw materials of the Republic of Uzbekistan // Uzbek Journal of Problems of Mechanics. - Tashkent, 2014. No. 1. - pp. 37-42.
5. Kharitonov L.G. Determination of microhardness of materials. - M.: Mashinostroyeniye, 2005. -- 147 p.
6. Tilabov B.K. Microhardness measurement of surface and subsurface layers of cast steel parts before and after heat treatment with double phase recrystallization of SUE "Fan va taragyet" // Composite materials. - Tashkent, 2015. No. 4. - pp. 84-86.
7. Mukhamedov A.A. The mechanism of structural recrystallization during heat treatment of steel // Sat. scientific works of Tashkent Polytechnic Institute. - Tashkent, 1997. - pp. 3-10.
8. Tilabov B.K. Heat treatment of wear resistant hardalloyed coating of the details obtained by casting on gasified models. Journal of Technical University of Gabrovo. - Bulgaria. 2015. Vol.49. - pp. 11-14.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



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: inonmz@ngmk.uz



МИКРОВОЛНОВАЯ ОБРАБОТКА СУЛЬФИДНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

Maqolada oltin saqlovchi, uglerodli, sulfidli murakkab tarkibli konsentratlarni oksidlash maqsadida mikroto'liqlik ishlov berish jarayoni natijalari taqdim etilgan. Flotokonsentrat 700 Wt quvvatda mikroto'liqlik pechda ishlov berilgan, bunda har 2 daqiqadan keyin mikroto'liqlik pech o'chirildi, namuna aralashirildi va yana yoqildi. Oltinugurtning yo'qotilish darajasi 96% ni tashkil etdi. Organik uglerodning 76,7% oksidlandi. Dastlabki flotokonsentrat va mikroto'liqlik ishlov berish mahsulotlari infra-qizil spektrlari, shuningdek, termogravimetrik analiz natijalari keltirilgan. 700 Wt quvvatda 2 daqiqa ishlov berish va bir daqiqa aralashirish optimal deb topildi. Bu usulning asosiy afzalligi jarayonning qisqaligi, shuningdek oltinugurt va uglerodning yuqori yo'qotilish darajasi bo'lib hisoblanadi.

Tayanch iboralar: oltin, murakkab tarkibli oltin saqlovchi ruda, flotatsion konsentrat, mikroto'liqlik kuydirish, sulfidli minerallar, uglerodni yo'qotish, mikroto'liqlik quvvat, pirit, arsenopirit, organik uglerod, oksidlash.

В статье представлены результаты микроволновой обработки золотосодержащего сульфидного углеродистого флотационного концентрата, с целью окисления сульфидных минералов и органического углерода, в которых ассоциировано золото. Флотационный концентрат обрабатывали в микроволновой печи при выходной мощности 700 Вт, так, что после каждых 2 минут обработки магнетрон выключали, образец перемешивали, затем включали. Степень удаления сульфидной серы составила 96%. Органический углерод удален на 76,7%. Приведены ИК – спектры исходного флотоконцентрата и продукта микроволновой обработки, а также результаты термогравиметрического анализа. Определены оптимальные условия микроволновой обработки: мощность 700 Вт, время обработки 2 минуты и время перемешивания 1 минута. Основным преимуществом метода микроволновой обработки является короткое время и высокая степень удаления сульфидной серы.

Ключевые слова: золото, упорная золотосодержащая руда, флотационный концентрат, микроволновый обжиг, сульфидные минералы, удаление углерода, микроволновая мощность, пирит, арсенопирит, органический углерод, окисление.

Санакулов К.,
генеральный директор
ГП «Навоийский горно-
металлургический
комбинат»,
д.т.н., профессор



Фузайлов О.У.,
докторант кафедры
«Металлургия» НГГИ



Кенбаева Ж.А.,
магистрант кафедры
«Металлургия» НГГИ



В последние годы в научно-технической литературе опубликован ряд статей, посвященных микроволновой обработке сульфидных руд и концентратов, содержащих углистые вещества [1-5]. Показано [6], что микроволновое краткосрочное воздействие на рудный материал приводит к существенному снижению расхода электроэнергии на его переработку. Учитывая, что золотосодержащие сульфидные руды месторождений Кокпатас и Даугызтау относятся к рудам с двойной упорностью [7,8], представлялось целесообразным исследовать микроволновое воздействие на флотоконцентрат, получаемый из этих руд, с целью окисления сульфидной серы и органического углерода.

Известно [5,9], что пирит и другие сульфиды имеют хорошие характеристики поглощения энергии в микроволновом диапазоне и могут быстро нагреваться при облучении, что позволяет использовать микроволновое воздействие для предварительной обработки упорных золотосодержащих флотоконцентратов. В работе [10] представлены данные экспериментальных исследований по микроволновому воздействию на упорный сульфидно-мышьяковый концентрат, содержащий углистые вещества. Показано, что в результате микроволнового воздействия происходит окисление не только сульфидной серы, но и органического углерода.

В экспериментальных исследованиях [11,12] сообщается, что микроволновой обработке подвергались минералы некоторых оксидов и сульфидов при высокотемпературном разложении с использованием резонансной полости, работающей на частоте 2,45 ГГц и переменной мощности до 1,6 кВт и получением температурных пределов их разложения (табл. 1).

Эффекты нагревания, которые индуцируют микроволны во многих материалах, в основном являются результатом взаимодействия электрического компонента поля микроволн с заряженными частицами в материале (или реже магнитный компонент может взаимодействовать с магнитными диполями). Точный характер взаимодействия зависит от подвижности заряженных частиц и может привести к одному или обоим из двух основных процессов нагревания. В веществах,

Таблица 1
Результаты микроволновой обработки некоторых веществ [10]

Соединение	Время облучения (мин.)	Максимальная температура, °С
Al ₂ O ₃	24	1900
C	0,2	1000
CaO	40	200
Co ₂ O ₃	3	900
CuO	4	800
CuS	5	600
Fe ₂ O ₃	6	1000
Fe ₃ O ₄	0,5	500
FeS	6	800
MgO	40	1300
MoO ₃	0,46	750
MoS ₂	0,1	900
Ni ₂ O ₃	3	1300
PbO	13	900
UO ₂	0,1	1100

где заряды связаны в виде диполей, электрическое поле индуцирует движение до тех пор, пока оно не будет уравновешено электростатическими взаимодействиями; это явление известно, как дипольная поляризация и является наиболее значительной в жидкой фазе. Для материалов, в которых носители заряда подвижны, как в случае электронных и быстрых ионных проводников, переменное поле микроволн приводит к появлению тока, распространяющегося по фазе с полем и вызывающего резистивный нагрев в образце. Обычно этот механизм проявляет доминирующий эффект в твердых материалах и называется проводящим нагревом. Несмотря на эти обобщения, твердые вещества со связанными молекулами растворителя, например, могут проявлять эффекты дипольной поляризации, и ионные растворы могут одинаково хорошо отображать эффекты нагрева проводимости [13,14].

Результаты химического анализа флотоконцентрата до и после микроволновой обработки

№ п/п	Наименование флотоконцентрата	Время обработки в СВЧ, мин	Содержание, %				
			С _{общ}	С _{орг}	S _{общ}	S _s	As
1	Флотоконцентрат ГМЗ-3 (Кокпатас, Даугызтау)	Исх. без обработки	2,2	1,5	18,5	16,2	1,01
		15	1,02	0,82	8,09	7,65	0,89
		30	0,61	0,42	3,05	2,87	0,81
		45	0,49	0,35	1,9	0,77	0,76
		60	0,38	0,23	1,2	0,4	0,76
2	Флотоконцентрат ГМЗ-1 (Аристантау)	Исх. без обработки	3,2	3,0	14,3	12,0	0,56
		45	1,58	1,01	0,54	0,2	0,2

Работа выполнена с применением комплексных методов исследований, включающий, пробирный, рентгено-флуоресцентный, атомно-абсорбционный, ИК-спектрометрических методов анализа, также был использован термогравиметрический метод для анализа термических свойств материала.

Исследования по микроволновой обработке были проведены на пробе флотоконцентрата с ГМЗ-3 (месторождения Кокпатас и Даугызтау). Микроволновая обработка упорных золотосодержащих концентратов проведена в системе микроволнового разложения «Ethos Touch Control Advanced Microwave Labstation» производства компании Milestone Inc. Для проведения микроволновой обработки сырья из печи были удалены только автоклавы, предназначенные для обработки жидких проб.

При проведении эксперимента навеску концентрата массой 100 г насыпали в 4 тигля по 25 г и помещали в микроволновую печь. СВЧ обработку провели с выходной мощностью 700 Вт/ч. После каждой 2 мин. обработки магнетрон выключали, перемешивали, затем включали. Общее время обработки составило 60 минут, а общая потеря массы 14,3%. Для сравнения также был проведен опыт по обработке в микроволновой печи в течение 45 минут флотоконцентрата РУ ГМЗ-1 (месторождение Аристантау).

Результаты химического анализа флотоконцентратов до и после обработки в микроволновой печи приведены в табл.2.

Из табл.3 видно, что при увеличении времени обработки флотоконцентрата ГМЗ-3 в микроволновой печи с 15 до 60 минут, наблюдается постоянное значимое снижение содержания анализируемых химических элементов С_{общ}, С_{орг}, S_{общ}, S_s (примесей), за исключением мышьяка.

На рис. 1,2 графически показано снижение содержания анализируемых примесей для флотоконцентрата ГМЗ-3.

При микроволновой обработке флотоконцентрата продолжительностью 30 мин удаляется около 70% органического углерода, а при продолжительности 45 мин степень удаления углерода составила 75,5%. Предполагается, что 24% мышьяка возгоняется с отходящими газами, а остальная часть окисляется и остаётся в обработанном продукте.

Как видно из рис. 2, процесс десульфуризации протекал довольно быстро, за 15 мин обработки около 50% всей серы подвергалось окислению, при продолжительности процесса микроволновой обработки в течение 45 и 60 мин, процент окисления сульфидной серы составил 95,6 и 97,8% соответственно.

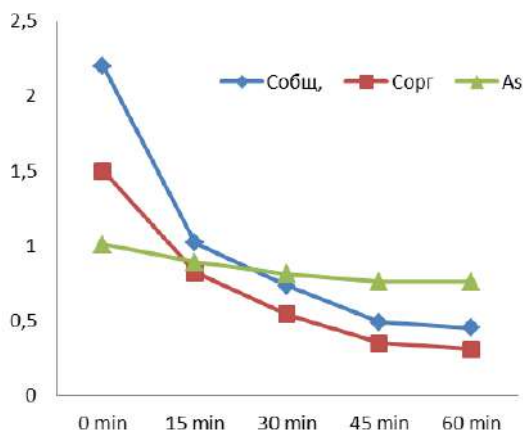


Рис.1. Изменение содержания углерода общего, органического углерода и мышьяка при микроволновой обработке флотоконцентрата

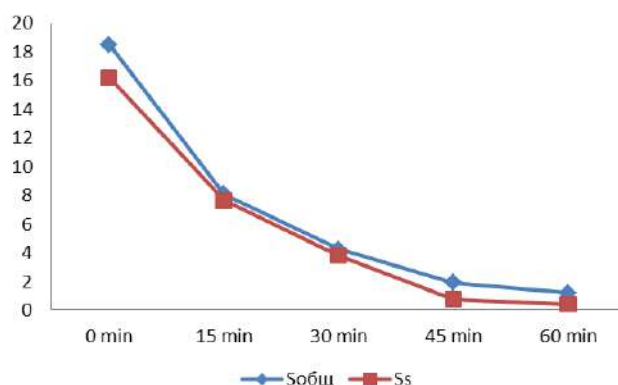


Рис.2. Изменение содержания сульфидной серы при микроволновой обработке флотоконцентрата

В исследованиях были сняты ИК спектры флотоконцентрата до и после микроволновой обработки. В спектрах исходного флотоконцентрата наблюдается следующая полоса поглощения в области 3853-467 см⁻¹ (рис. 3.).

В спектрах флотоконцентрата после микроволновой обработки наблюдалась полоса поглощения в области 3468-490 см⁻¹ (рис.4.).

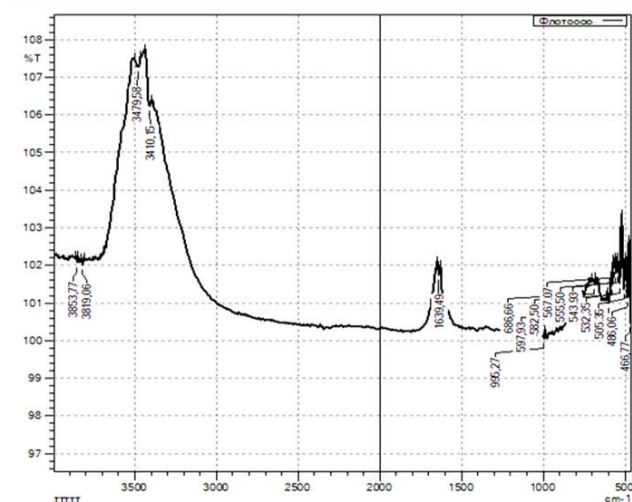


Рис.3. Инфракрасные спектры флотоконцентрата до микроволновой обработки

В спектрах исходного концентрата в области 3853-3819 см⁻¹ наблюдались слабые полосы поглощения, которые относятся к гидроксильным группам кислот (ОН⁻) или воды (Н-О-Н⁺). В этой же области после микроволновой обработки наблюдаются интенсивные более широкие полосы поглощения в интервале 3468-3367 см⁻¹, которые можно отнести к кислотным остаткам образующимся при окислении кислородом воздуха, функциональных групп таких элементов как S, C и As.

В спектре исходного концентрата в области 1639 см⁻¹ наблюдаются очень слабые полосы поглощения с проявлением функциональной группы Me-CO₂. После микроволновой обработки эти полосы в спектрах материала отмечены более интенсивно. Область 1620 см⁻¹ можно отнести к образованию CO₂, связанных с металлами.

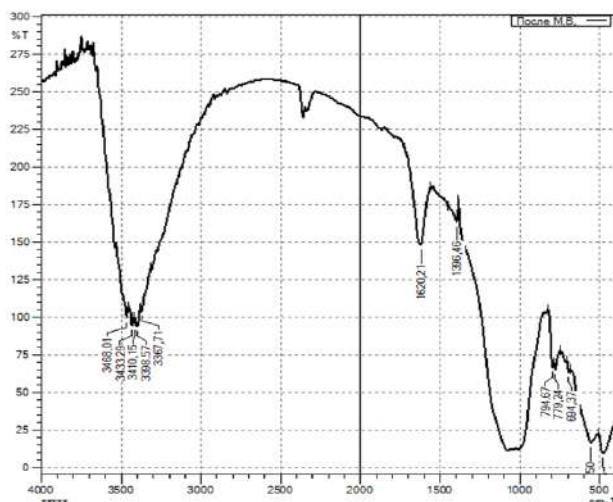


Рис.4. Инфракрасные спектры флотоконцентрата после микроволновой обработки

В спектрах обработанного материала микроволнами наблюдаются более широкие полосы поглощения в интервале $996-1200\text{ см}^{-1}$, которые относятся к карбонатам (CO_3), сульфатам (SO_4) и арсенатам (AsO_4) металлов. В области $794-779, 694\text{ см}^{-1}$ наблюдаются слабые полосы поглощения, которые можно отнести к деформационным колебаниям OSO - и OCO -функциональных групп. Слабые спектры в областях 550 и 490 см^{-1} можно отнести к Me-S связям [15,16]. Анализ степени поглощения сульфидным минералом ИК-лучей показал, что если до микроволновой обработки максимальный пик поглощения ИК-лучей равнялся 108% , то после облучения максимальный пик поглощения ИК-лучей составлял около 280% . При этом необходимо учесть факт появления дополнительного пика в области $480 - 1100\text{ см}^{-1}$, где присутствуют в основном функциональные группы, присущие металлам. По-видимому, непроницаемый для ИК-лучей участок в сульфидных минералах свидетельствует об образовании спеков металлов.

Для исследования термического разложения флотоконцентрата проведен термогравиметрический анализ (рис.5.)

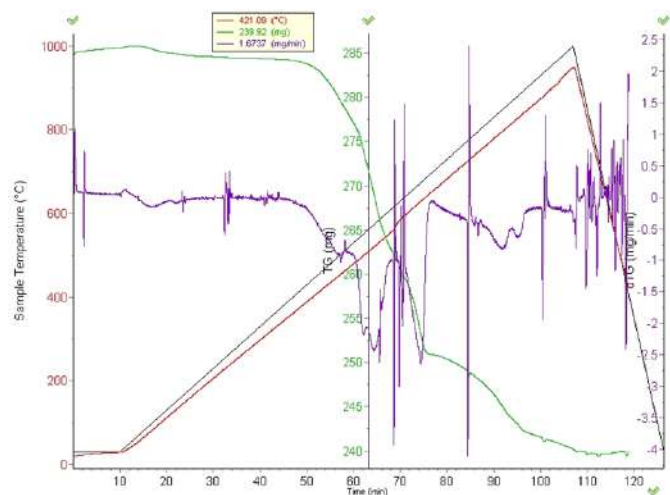


Рис.5. Термогравиметрический анализ флотоконцентрата упорной золото-содержащей руды

Как видно из рис. 5 в интервале температур от 90 до 490°C убыль массы составляет $1,3\text{ мг}$, что соответствует $2,9\%$ всей потери. Это потери, связанные с удалением поглощенного влажного воздуха или газообразных веществ. В интервале температур от 450°C до 690°C потеря массы составляет 33 мг , это соответствует $73,3\%$ всей потери. При этом происходит разложение концентрата с образованием различных оксидов углерода, серы и мышьяка. В интервале температур $690-890^\circ\text{C}$ отмечается повторное уменьшение массы на $7,3\text{ мг}$ или $13,27\%$ всех потерь, которая соответствует полному разложению и образованию оксидов.

Таким образом, проведенная микроволновая обработка упорного золотосодержащего концентрата показала, что за 45 минут обработки было удалено 96% сульфидной серы и $76,7\%$ органического углерода. При осуществлении нагрева образцов микроволновым облучением по всему объему материала, теплопередача также происходит по всему объему материала одновременно. Этим объясняется высокая скорость десульфурзации. Увеличение степени проницаемости образцов ИК-лучами на участках $1500-1400\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о появлении пористого материала, а непроницаемые участки в интервалах $480 - 1100\text{ см}^{-1}$ по всей видимости свидетельствуют о появлении спекшихся участков с низкой проницаемостью. При том, что органический углерод не поглощает микроволны, высокая теплота приводящая к его окислению передается ему через серу и железо пирита и арсенопирита сульфидных минералов, которые хорошо поглощают микроволновую энергию и полностью деструктурируются. Результаты полученной дериватограммы подтверждают наши предположения о полном распаде серы и углерода при интервалах температур от 690 до 890°C .

Для определения извлечения золота, образцы обработанных в микроволновой печи флотоконцентратов, подвергались сорбционному цианированию в течение 24 часов, при концентрации NaCN равной 5 г/л и 3% загрузке угля. Результаты опытов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сорбционного цианирования флотоконцентрата до и после микроволновой обработки

№ п/п	Наименование флотоконцентрата	Время обработки в СВЧ, мин	Извлечение Au, %
1	Флотоконцентрат ГМЗ-3 (Кокпатас, Даугызтау)	Исх. без обработки	29,8
		30	59,7
		45	73,2
		60	74,5
2	Флотоконцентрат ГМЗ-1 (Аристантау)	Исх. без обработки	32,5
		45	74,2

По результатам проведенного сорбционного цианирования можно сделать вывод, что предварительная микроволновая обработка флотоконцентратов способствует повышению извлечения золота при дальнейшем сорбционном цианировании:

- для флотоконцентрата ГМЗ-3 обработка в течение 45 минут повышает извлечение золота с $29,8$ до $73,2\%$, дальнейшее увеличение времени обработки до 60 минут дополнительно позволяет повысить извлечение еще на $1,3\%$;

- для флотоконцентрата РУ ГМЗ- обработка в течение 45 минут повышает извлечение золота с $32,5$ до $74,2\%$.

Библиографический список:

- 1.Amankwah, R.K., Pickles, C.A., 2009. Microwave roasting of a carbonaceous sulphidic gold concentrate. *Miner. Eng.* 22 (13), pp. 1095–1101.
- 2.Ma, S.J., Mo, W., Su, X.J., Liu, P., Yang, J.L., 2010. Removal of arsenic and sulfur from a refractory gold concentrate by microwave heating. *Min. Eng.* 23 (1), pp. 61–63
- 3.Nanthakumar, B., Pickles, C.A., Kelebek, S., 2007. Microwave pretreatment of a double refractory gold ore. *Min. Eng.* 20 (11), pp. 1109–1119.
- 4.Qu, Z.L., 2011. The Study on Pretreatment Refractory Gold Concentrate by Microwave Roasting. (Master's Thesis). Shenyang Ligang University, China.
- 5.Pearce, C.I., Patrick, R.A.D., Vaughan, D.J. 2006, *Electrical and Magnetic Properties of Sulfides*, *Rev. Mineral. Geochem.* 61 p.
- 6.Микроволновая энергия изменит добывающую промышленность. *Реферат// Золотодобыча.* - 2019. - №2. - 73 с.

7. Санакулов К.С., Хамраев И.О. Изучение влияния природных типов рудовмещающих пород с дисперсным золотом и органического углерода на извлечение золота на месторождениях Кокпатас и Даугизтау // Горный вестник Узбекистана. – 2015 - № 3. – С. 7-11.

8. Санакулов К.С., Эргашев У.А., Доберсек А. Совершенствование технологии переработки углистых золотомышьяковистых руд Узбекистана // Горный журнал. – 2018 - № 9. – С. 61-63

9. Chen, T.T., Dutrizac, J.E., Haque, K.E., Wyslouzil, W., Kashyap, S., 1984. The relative transparency of minerals to microwave radiation. *Canadian Metallurgical Quarterly* 23 (1), С. 349–351.

10. Chen, W., Ding, D.X., Hu, N., Li, F., 2015. Pretreatment of refractory gold – bearing sulfur concentrates by microwave roasting. *Trans. Nonferrous Metals Soc. China* 25 (7), 2000–2005.

11. Xia, K., Pickles, C.A., 1997, Applications of Microwave Energy in Extractive Metallurgy, a Review, *CIM Bulletin*, Vol. 90, No. 1011.

12. Ford, J.D., Pei, D.C.T., 2016, High Temperature Chemical Processing via Microwave Absorption, *J. Microwave Power*, Vol. 2, No. 2, pp. 61-64.

13. Metaxas, A. C & Meredith, R. J. (Roger J.) & Institution of Electrical Engineers (1983). *Industrial microwave heating*. Peter Peregrinus Ltd. on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London.

14. Kitchen, H. J.; Vallance, S. R.; Kennedy, J. L.; Tapia-Ruiz, N.; Carassiti, L.; Harrison, A.; Whittaker, A. G.; Drysdale, T. D.; Kingman, S. W.; Gregory, D. H., 2014, *Modern Microwave Methods in Solid-State Inorganic Materials Chemistry: From Fundamentals to Manufacturing*. Chem. Rev. 114 p.

15. Беллами Л. Инфракрасные спектры молекул. Москва. «Издательство иностранной литературы», 1957 г. – 444 с.

16. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. Москва. «Мир», 1966 г. – 411 с.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 53-56

MICROWAVE TREATMENT OF A REFRACTORY GOLD CONCENTRATE

¹Sanakulov K., General Director, Professor, Doctor of Technical Sciences, info@ngmk.uz

²Fuzaylov O.U., PhD student of the department "Metallurgy", omon_fuzaylov@ndki.uz

²Kenbaeva Zh.A., graduate student of the department "Metallurgy"

¹Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

²Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The article presents the results of microwave processing of gold-containing sulfidic carbonaceous flotation concentrate, with the aim to oxidize sulfide minerals and organic carbon, in which gold is associated. The flotation concentrate was processed in a microwave oven with an output power of 700 W, so that after every 2 minutes of treatment the magnetron was turned off, the sample was mixed, then turned on. The degree of removal of sulfide sulfur was 96%. Organic carbon is removed by 76.7%. The IR spectra of the initial flotation concentrate and microwave treatment product are given, as well as the results of thermogravimetric analysis. The optimal conditions for microwave processing were determined: the power of 700 W, 2 minute processing time and 1 minute mixing time. The main advantage of the microwave processing method is the short time and the high degree of sulfide sulfur removal.

Keywords: gold, refractory gold ore, flotation concentrate, microwave firing, sulfide minerals, carbon removal, microwave power, pyrite, arsenopyrite, organic carbon, oxidation.

References

1. Amankwah, R.K., Pickles, C.A., 2009. Microwave roasting of a carbonaceous sulphidic gold concentrate. *Miner. Eng.* 22 (13), pp. 1095–1101.
2. Ma, S.J., Mo, W., Su, X.J., Liu, P., Yang, J.L., 2010. Removal of arsenic and sulfur from a refractory gold concentrate by microwave heating. *Min. Eng.* 23 (1), pp. 61–63
3. Nanthakumar, B., Pickles, C.A., Kelebek, S., 2007. Microwave pretreatment of a double refractory gold ore. *Min. Eng.* 20 (11), pp. 1109–1119.
4. Qu, Z.L., 2011. *The Study on Pretreatment Refractory Gold Concentrate by Microwave Roasting*. (Master's Thesis). Shenyang Ligong University, China.
5. Pearce, C.I., Patrick, R.A.D., Vaughan, D.J. 2006, Electrical and Magnetic Properties of Sulfides, *Rev. Mineral Geochem.* 61 p.
6. Microwave energy will change the mining industry. *Abstract.// Gold mining.* - 2019. - No. 2. - 73 p.
7. Sanakulov K.S., Khamraev I.O. Studying the influence of natural types of ore-bearing rocks with dispersed gold and organic carbon on gold recovery at the Kokpataс and Daugiztau deposits // *Gorny vestnik of Uzbekistan.* - 2015 - No. 3. - pp. 7-11.
8. Sanakulov KS, Ergashev UA, Dobersek A. Improving the processing technology of carbonaceous gold-arsenic ores of Uzbekistan // *Mining Journal.* - 2018 - No. 9. - pp. 61-63
9. Chen, T.T., Dutrizac, J.E., Haque, K.E., Wyslouzil, W., Kashyap, S., 1984. The relative transparency of minerals to microwave radiation. *Canadian Metallurgical Quarterly* 23 (1), pp. 349–351.
10. Chen, W., Ding, D.X., Hu, N., Li, F., 2015. Pretreatment of refractory gold - bearing sulfur concentrates by microwave roasting. *Trans. Nonferrous Metals Soc. China* 25 (7), 2000-2005.
11. Xia, K., Pickles, C. A., 1997, Applications of Microwave Energy in Extractive Metallurgy, a Review, *CIM Bulletin*, Vol. 90, No. 1011.
12. Ford, J.D., Pei, D.C.T., 2016, High Temperature Chemical Processing via Microwave Absorption, *J. Microwave Power*, Vol. 2, No. 2, pp. 61-64.
13. Metaxas, A. C & Meredith, R. J. (Roger J.) & Institution of Electrical Engineers (1983). *Industrial microwave heating*. Peter Peregrinus Ltd. on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London.
14. Kitchen, H. J.; Vallance, S. R.; Kennedy, J. L.; Tapia-Ruiz, N.; Carassiti, L.; Harrison, A.; Whittaker, A. G.; Drysdale, T. D.; Kingman, S. W.; Gregory, D. H., 2014, *Modern Microwave Methods in Solid-State Inorganic Materials Chemistry: From Fundamentals to Manufacturing*. Chem. Rev. 114 p.
15. Bellamy L. *Infrared spectra of molecules*. Moscow. "Publishing house of foreign literature", 1957 - 444 p.
16. Nakamoto K. *Infrared spectra of inorganic and coordination compounds*. Moscow. "World", 1966 - 411 p.

УПРОЧНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ ГАЗОВОГО АЗОТИРОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ПАРООКСИДИРОВАНИЕМ

Maqolada tezkesar po'latlardan tayyorlangan kesuvchi asboblarning korroziyaga bardoshlilikini va yeyilishga chidamliligini, hamda ishlash davrida turg'unligini oshirish maqsadida ularning sirtini kombinatsiyalashgan usulda puxtalash uchun dastlab ammiakli muxitda azotlash va keyin suv bug'larida oksidlash jarayonlarining qo'llanilishi imkoniyatlari bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

Kombinatsiyalashgan jarayonni birinchi bosqichda azotlash jarayonini «Fe-N» tizimidagi evtektoid haroratdan pastda, hamda tezkesar po'latlarni toblashdan keyin bo'shatishda strukturadagi qoldiq austenitning martensit o'zgarishlarigacha haroratlarda olib borilishi, ikkinchi bosqichda suv bug'larida oksidlash jarayonini «Fe-O» tizimidagi evtektoid haroratdan pastda, toblashdan keyingi bo'shatish rejimlariga mos ravishda olib borilishi bilan amalga oshirishda sirtida zaruriy strukturalar va xossalarga ega bo'lgan diffuzion nitrid-oksid qatlam olinishi rejimlari o'rnatilgan.

Tayanch iboralar: kesuvchi asbob, tezkesar po'lat, toblash, bo'shatish, sirtini puxtalash, legirlovchi element, oksidlash, sirt oksid qatlami, azotlash, diffuzion nitrid qatlam, nitrooksidlash, kompozitsion qatlam, yuqori azotli nitrid faza, kam azotli tarkibdagi nitrid faza, ichki azotlangan soha, qattiq eritmalar, evtektoid harorat.

С целью повышения коррозионной стойкости и износостойкости, а также стойкости режущих инструментов изготовленных из быстрорежущих сталей в статье приводятся результаты исследования возможности применения комбинированного способа поверхностного упрочнения, заключающейся в азотировании в среде аммиака на первой стадии и оксидировании азотированного слоя в парах воды на второй стадии.

Установлено, что проведение комбинированного процесса на первой стадии при доэвтектонной температуры для системы «Fe-N» с учётом температурных интервалов мартенситного превращения остаточного аустенита и на второй стадии при доэвтектонной температуры для системы «Fe-O» в соответствии температурных интервалов отпуска после закалки позволяет получить диффузионный нитрид-оксидный слой с необходимыми структурами и свойствами на поверхности быстрорежущих сталей.

Ключевые слова: режущий инструмент, быстрорежущая сталь, закалка, отпуск, поверхностное упрочнение, легирующий элемент, оксидирование, поверхностный оксидный слой, азотирование, диффузионный нитридный слой, нитрооксидирование, композиционный слой, высокоазотистая нитридная фаза, низкоазотистая нитридная фаза, зона внутреннего азотирования, твёрдые растворы, эвтектонная температура.

Поверхностное упрочнение режущих инструментов изготовленных из быстрорежущих сталей может послужить одним из способов повышения их надёжности и долговечности. Одним из эффективных методов улучшения износостойких характеристик и противокоррозионных свойств режущих инструментов изготавливаемых из быстрорежущей стали является процесс азотирования. При этом процесс азотирования в атмосфере аммиака протекает значительно быстрее, чем в азоте, но приводит к охрупчиванию изделий из-за насыщения поверхности водородом.

В технологическом процессе термической обработки инструмента из быстрорежущей стали большое значение имеет выполнение операции высокого отпуска после закалки. При проведении отпуска обычными методами в печной атмосфере на поверхности инструмента образуются неравномерные окислы, которые сильно портят внешний вид инструмента, вследствие которого приходится производить химическую очистку поверхности обработанных изделий.

Для улучшения износостойкости и защиты от атмосферной коррозии при их хранении высокий отпуск инструмента проводят в атмосфере водяного пара с получением на их поверхности диффузионного тонкого оксидного слоя. При этом полученный поверхностный оксидный слой улучшает обрабатываемость при резании металлов.

Совместимость технологических режимов проведения процессов низкотемпературного азотирования и оксидирования, а также отпуска после закалки позволяет комбинации процессов азотирования с последующим оксидированием в парах воды.

Оксидирование быстрорежущих сталей.

Для инструментов, изготовленных из быстрорежущих сталей после закалки, высокий отпуск проводится в атмосфере перегретого пара, после которого на поверхности формируется равномерный и беспористый оксидный слой который служит единственным эффективным методом защиты от атмосферной коррозии. Отпуск в атмосфере перегретого пара является одним из видов химико-термической обработки. Нагретая до 450-600°C поверхность стальных изделий, взаимодействуя с парами воды, подвергается интенсивному окислению; на ней образуется тонкая оксидная плёнка.

Температурно-временные режимы проведения высокого отпуска изделий изготовленных из быстрорежущих сталей не согласованы с режимами превращения остаточного аустенита в мартенсит, что проведение оксидирования может влиять на конструктивную прочность изделия.

Отпуск в атмосфере перегретого пара инструментов из быстрорежущих сталей обычно проводят после шлифования изделий, который может вызвать вторичную закалку поверхности и здесь же возникает необходимость восстановления остаточного аустенита в мартенсит, исходя из условий термической обработки изделий изготавливаемых из быстрорежущих сталей.

Получение оксидного слоя на поверхности металлов и сплавов оксидированием в парах воды определяется многими факторами, к важнейшим из которых можно отнести состав оксидирующего кислородосодержащей газовой фазы, температуру оксидирования и продолжительность воздействия окисляющей атмосферы, состав стали, а также структуру и состояние обрабатываемой поверхности.

Эшкабиллов Х.К.,
доцент кафедры
«Технологические машины
и оборудование»,
Каршинский инженерно-
экономический институт,
к.т.н.



Эшкабиллов О.Х.,
и.о.доцента кафедра
«Общетеchnические дисциплины»,
Каршинский инженерно-
экономический институт, доктор (PhD)



Согласно диаграммы состояния для системы «Fe-O» следует, что в технически интересной области сплавов железа с кислородом образуется три вида оксидов: закись железа FeO (вюстит), закись-окись железа Fe₃O₄ (магнетит), окись железа Fe₂O₃ (гематит).

FeO – вюстит, имеет значительные количества дефектов в кристаллической решётке, устойчив только при выше эвтектидной температуре для диаграммы состояния «Fe-O» (570°C). Fe₃O₄- магнетит, имеет кубическую решетку типа шпинели с параметром $a=0,838$ нм. Хотя магнетит, также как вюстит, содержит избыток кислорода, но величина этого избытка небольшая.

Теоретические и экспериментальные данные в работах посвящённых пароксидированию приводится, что диффузионная проницаемость магнетита и гематита по сравнению с проницаемостью вюстит незначительна и это определяет их лучшие защитные свойства против коррозии. При оксидировании водяным паром оксидная пленка состоит из оксида Fe₃O₄, который в некоторых случаях склонен к растрескиванию, что облегчает рост оксидной пленки. Причем его кристаллы растут на открытой наружной поверхности и отесняют друг друга только в направлениях, параллельных поверхности и поэтому склонны к растрескиванию и раскалыванию.

Азотирование быстрорежущих сталей.

Азотирование является процессом многоцелевого назначения, которым упрочняется широкая гамма металлов и сплавов, конструкционные, инструментальные, коррозионностойкие и жаропрочные стали и т.д. После азотирования в упрочненном слое достигается получение диффузионных поверхностных нитридных зон и зона внутреннего азотирования, которая каждая из них ответственна для установления определенных свойств обрабатываемых изделий.

Различные инструменты – сверла, фрезы, метчики, развёртки и др. изготовленные из быстрорежущих сталей как финишная химико-термическая обработка подвергают азотированию с получением тонкого поверхностного слоя состоящей в основном из нитридов ($\epsilon+\gamma'$) - фазы и расположенной за ним диффузионная зона внутреннего азотирования (Fe_{a(N)}).

Поверхностная нитридная зона на обработанных изделиях, полученная после азотирования ответственна за коррозионную стойкость и износостойкость, повышение твёрдости рабочих поверхностей инструментов, снижению адгезии обрабатываемого материала к материалу инструмента. Зона внутреннего азотирования позволяет работу инструментов при повышенных режимах резания и особенно повышает стойкость инструментов.

Согласно теории азотирования, регулирование фазового состава азотированного слоя достигается изменением азотного потенциала насыщающей атмосферы. Поддерживая азотный потенциал на уровне растворимости азота в той или другой фазе, можно получить слой, состоящий α -твёрдого раствора - Fe_{a(N)}, нитридов железа и легирующих элементов, формировать на поверхности нитридная ϵ -фазу, карбонитридную ϵ' -фазу, оксикарбонитридную ϵ'' -фазу, низкий нитрид γ' -фазы с низким содержанием азота. Регулировать азотный потенциал рекомендуется разбавлением аммиака с полностью или частично диссоциированным аммиаком, кислородом, воздухом, углеродосодержащими газами и др. Однако, наиболее простое изменение потенциала атмосферы может быть достигнуто изменением степени диссоциации аммиака в печи.

Поскольку степень диссоциации аммиака является функцией многих переменных, при данной загрузки печи, форме деталей и температуре насыщения степень диссоциации в основном определяется скоростью потока аммиака, а следовательно, его количеством, подаваемым в печь. Чем больше поток аммиака, проходящего через печь, т.е., чем больше его расход, тем ниже диссоциация. В этих условиях большая часть аммиака не участвует в процессе насыщения стали азотом и является газом-носителем.

Азотирование режущего инструмента из быстрорежущих сталей проводят при температурно-временных режимах не влияющие превращений остаточного аустенита в мартенсит или превращений мартенсита в аустенит в матрице стали.

Технологический процесс азотирования режущего инструмента из быстрорежущей стали осуществляется при температурных интервалах 500-550°C продолжительностью 0,5-2,0 часа, в зависимости от конструктивных исполнений и размеров инструмента, а также вида обрабатываемого изделия и условий эксплуатации.

Нитрооксидирование быстрорежущих сталей.

С целью дальнейшего повышения механических и физико-химических свойств обрабатываемого инструмента изготовленных из быстрорежущих сталей были исследованы комбинированные технологии азотирования, заключающиеся проведение газового азотирования на первой стадии в атмосфере аммиака и дальнейшего оксидирования нитридного слоя в парах воды.

В качестве режущего инструмента были выбраны сверла, изготовленные из стали Р6М5, применяемые в серийном производстве. Состав материала: C = 0,8-0,88%; Cr = 3,8-4,4%; W = 5,5-6,5%; Mo = 5,0-5,5%; V = 1,7-2,1%. Сверла подвергаются закалке при температуре 1210-1230°C и отпуску в интервале температур 550-600°C.

Для изучения кинетики формирования азотированного и оксидированного слоя на поверхности в зависимости от температурно-временных параметров и выяснения нитридного и оксидного слоя на стали Р6М5, образцы диаметром 10 мм и толщиной 5 мм из этой стали, на первой стадии подвергались азотированию в аммиаке в течение 2х часов при температуре 550°C в различных значениях степени диссоциации аммиака, на второй стадии часть образцов не извлекая из печи обрабатывались оксидированием в парах воды.

При кратковременном процессе низкотемпературного азотирования на первой стадии насыщения азотом в атмосфере аммиака на поверхности стали формируется тонкий нитридный слой в виде нетравящей части поверхности и за ним располагаются смеси (Fe_{a(N)} + γ') - фазы, далее зона внутреннего азотирования (ЗВА) (рис. 1, а).

Во всех случаях при насыщении азотом на поверхности формируется последовательно расположенный композиционный слой состоящий из ϵ -фазы $\rightarrow \gamma'$ - фазы \rightarrow смеси (Fe_{a(N)} + γ') - фазы \rightarrow ЗВА, согласно диаграммы состояния системы «Fe-N». Регулирование строения азотированного слоя достигается изменением азотного потенциала атмосферы, поддерживая который на уровне предельной растворимости азота в той или иной фазе, можно формировать диффузионную зону на основе ЗВА или композиционный слой с заданной нитридной фазой.

В результате изучения влияния степени диссоциации аммиака на толщину и состав диффузионного слоя при ниже эвтектидной температуре показывают, что образование развитой зоны высокоазотистого нитрида (ϵ -фазы) при значительной общей толщине слоя характерно для процессов со степенью диссоциации аммиака $\alpha < 50\%$, однако при этом повышается пористость нитридного слоя для его дальнейшего оксидирования. При степени диссоциации аммиака $\alpha > 50\%$ уменьшаются толщина нитридной зоны и количество высокоазотистого нитрида ϵ -фазы уменьшается, а низкоазотистого нитрида γ' -фазы увеличивается, пористость нитридного слоя исчезает.

В нитридном слое полученном при насыщении в атмосфере аммиака образование ϵ' -фазы карбонитридного характера происходит только при азотировании стали за счёт наличия углерода в матрице стали, поскольку только в случае присутствия углерода в нитридном слое формируется карбонитридная фаза. В процессе диффузии азота из атмосферы и из-за обратной диффузии углерода из матрицы стали при обезуглероживании, особенно на границах нитридного слоя и ЗВА более вероятно образование ϵ' -фазы.

С целью получения упрочненного слоя азотированием с последующим оксидированием в парах воды, образцы быстрорежущих сталей обрабатывались в атмосфере чистого аммиака, со степенью диссоциации $\alpha > 50\%$ при температуре 550°C продолжительностью 2 часа и при той же температуре образцы подвергались оксидированию в парах воды. Микроструктуры образцов предварительно азотированных и оксидированных в парах воды различной продолжительности приведены на рис. 1.

При введении в атмосферу перегретого пара в нитридном слое из-за изменения отношений парциальных давлений NH₃:H₂ в сторону H₂O:H₂ начинается деазотирование нитридного слоя с образованием тонкого поверхностного оксидного слоя, который после формирования определённой толщины выполняя роль барьерного слоя препятствует деазотированию и вынуждает диффузии азота в глубину металла. В результате при оксидировании на поверхности нитридного слоя формируется тонкая оксидная пленка (рис. 1, б), при дальнейшем оксидировании толщина оксидной плёнки растёт за счёт деазотированного нитридного слоя (рис 1, в), после длительной продолжительности оксидирования нитридный слой полностью диссоциируется и образуется поверхностный оксидный слой (рис. 1, г).

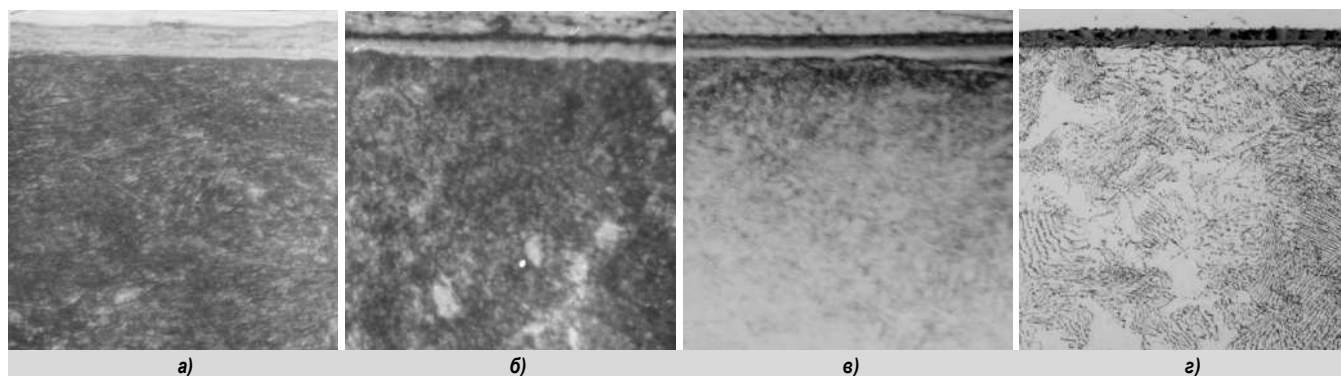


Рис.4. Микроструктура образцов азотированных при температуре 550°C (а) и окисленные в парах воды при той же температуре продолжительно-стью: б – 0,5 часа; в – 1,0 час и г – 1,5 часа

Если судить по микроструктуре стали с композиционными оксинитридными слоями, можно сказать, что оксидный слой развивается равномерно над нитридным за счёт диссоциации азота на поверхности нитридного, дальнейшее продолжительное окисление которого приводит к исчезновению высокоазотистого нитридного слоя.

В зоне внутреннего азотирования под нитридным слоем развиваются смеси $(Fe_{\alpha[N]} + \gamma')$ – фазы. Глубина $(Fe_{\alpha[N]} + \gamma')$ – фазы растёт сначала за счёт азотирования на первой стадии насыщения азотом, а на второй стадии процесса окисления за счёт диссоциации высокоазотистого нитридного слоя (рис. 1, г).

Исходя из наличия нитрид-оксидного слоя на поверхности, которая ответственна свойствам такие как коррозионная стойкость и износостойкость с созданием положительного градиента поверхности при трении, необходимо получение нитрид-оксидного слоя, а для повышения конструктивной прочности необходимо получение развитой смеси $(Fe_{\alpha[N]} + \gamma')$ – фазы и ЗВА. В зоне внутреннего азотирования при продолжительных окислениях хорошо развивается низкоазотистый нитрид γ' -фазы строения в смеси с $Fe_{\alpha[N]}$.

На рис. 2 приведены фрактограммы поверхности излома по поперечному сечению после испытания на изгибную прочность нитрид-оксидного слоя на поверхности стали Р6М5. Из фрактограммы поверхности излома видны, что характер излома нитрид-оксидного слоя (рис. 2, а), зоны смеси $(Fe_{\alpha[N]} + \gamma')$ – фазы (рис. 2, б) и ЗВА (рис. 2, в) соответствует к вязкому разрушению. Вязкое свойство по всей глубине насыщенного азотом слоя даёт возможность повышению предела усталости в целом, который является ценным механическим свойством для режущих инструментов по повышению стойкости при их работе.

Рентгеновским методом на установке ДРОН-3 исследовался фазовый состав полученных при различных температурах парокисления оксидных слоев на поверхности предварительно азотированных образцов. На дифрактограммах выявляются следующие фазы в оксидных слоях: при температуре окисления 550°C – Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , при 580°C – FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 . Основной фазой оксидных слоев при температуре окисления 550°C. Оксид Fe_2O_3 вырастает на поверхности фазы Fe_3O_4 вероятно в процессе охлаждения, он плохо сцеплен с оксидным слоем, легко удаляется с поверхности при трении. Оксид FeO , обнаруженный в оксидных слоях, полученных при температуре 580°C располагается тонкой пленкой на границе оксидной и нитридной зон.

Скорость роста оксида Fe_3O_4 при температуре окисления 580°C существенно выше, однако с увеличением длительности выдержки, скорость роста замедляется и при окислении более 1 часа интенсивность линий оксида Fe_3O_4 при двух температурах практически одинакова.

Следует отметить, что практическое применение могут иметь только оксиды, покрывающие поверхность сплошным слоем. Оксидная пленка, получаемая при температуре окисления 550°C более плотная, с малым количеством дефектов и обладает лучшей адгезионной прочностью, что позволяет считать температуру 550°C предпочтительной для парокисления.

Оксидный слой полученный на поверхности нитридного при температуре 580°C имеет в своем составе только при их быстром охлаждении, а при медленном охлаждении FeO в оксидном слое ниже эвтектичного превращения распадается по формуле: $FeO \rightarrow Fe_3O_4 + Fe_{\alpha}$ и образующиеся Fe_{α} является источником появления первых очагов кор-

розии под влиянием внешней среды, а также при распаде FeO образование между оксидными и нитридными слоями Fe_{α} приводит к уменьшению адгезионной прочности оксидного слоя к нитриднему и с увеличением рефлекса FeO его распад вызывает формирование хотя незначительной толщины Fe_{α} в результате которого происходит шелушение оксидного слоя.

Изучая кинетику формирования азотированного слоя на поверхности и микроструктуру образцов после азотирования и последующим окислением в парах воды можно утверждать, что нитридный слой, получаемый ниже эвтектичной температуры для системы «Fe-N», хотя имеет меньше толщины чем нитридный слой полученный в выше эвтектичной температуры, он имеет плотную структуру, чем нитридный слой полученных при эвтектичной температуре и имеющие поверхностные микропоры после процесса парокисления залечивается образованием оксидов железа Fe_3O_4 .

Были изучены морфология поверхности и исследование микроструктуры нитрид-оксидного слоя с помощью сканирующего микроскопа SEM-EVO MA 10 (Carl Zeiss, Германия), составы структур определялись с помощью энерго-дисперсным элементным анализатором марки Energy-Dispersive X-ray spectrometer (EDS-Oxford Instrument).

При изучении морфологии и спектральных анализов поверхности нитрид-оксидного слоя рабочее расстояние (working distance) составляло 8,5 мм. Изображения были получены в различных масштабах (рис. 3, 4). Исследованию подвергались сверла диаметром 10 мм, изготовленные из быстрорежущей стали Р6М5 после их упрочнения азотированием и последующем окислением в парах воды при температуре 550°C. С целью выяснения износа нитрид-оксидного слоя на сверлах были изучены сверла после поверхностного упрочнения (рис. 3) и после наработки сверла с общей продолжительностью работы на время сверления пластинок из стали 20 более 5 часов (рис. 4).

В процессе сверления диффузионное нитрид-оксидное покрытие в режущей части инструмента всё же истираются (в нерабочей части сохраняется) под влиянием силы резания при трении в контакте с обрабатываемым материалом. В дальнейшем для использования инструмента в технологическом процессе сверления ответственны глубины твёрдых растворов азота $Fe_{\alpha[N]}$, дисперсные γ' -фаза и зоны внутреннего азотирования. Поэтому по глубине поверхности необходимо иметь более развитый твёрдых растворов азота по глубине матрицы обрабатываемого изделия. Здесь уместно отметить, что прочностные свойства режущего инструмента не только обеспечиваются за счёт образования твёрдых растворов $Fe_{\alpha[N]}$, основными решающими факторами повышения стойкости инструмента выступают и нитриды легирующих элементов находящиеся в составе материала режущего инструмента.

Зона внутреннего азотирования состоит из азотистого твёрдого раствора основного металла, его нитридов и нитридов легирующих элементов. В зоне внутреннего азотирования происходит выделение нитридов основного металла железа (нитриды I рода) и нитриды легирующих элементов (II рода). Поскольку элементы находящейся в составе стали Р6М5, такие как Cr, W, Mo, V по термодинамической активности к азоту больше чем Fe, поэтому нитриды II рода с большей нитридообразующей способностью, чем основной металл Fe, дают большие снижение удельной объёмной энергии в зоне внутреннего азотирования.

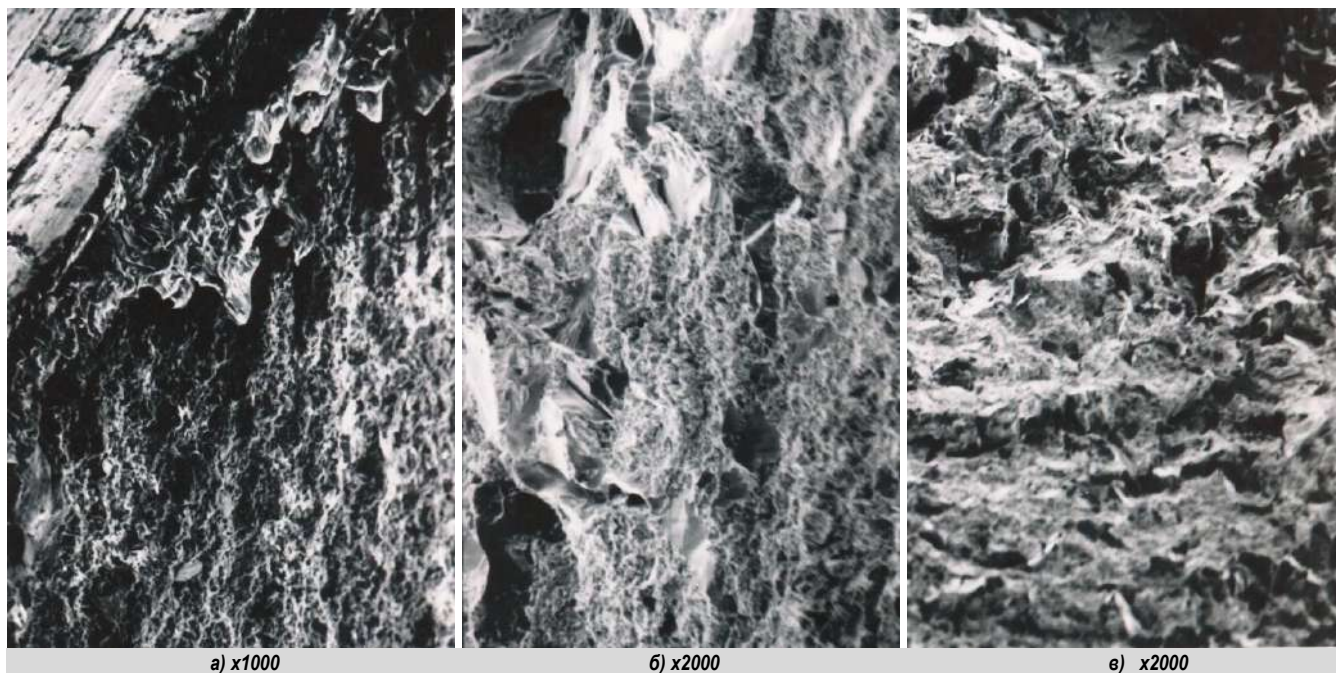


Рис.2. Фрактограммы поверхности излома образцов. а – с видом нитридной зоны; б – в зоне смеси ($Fe_{\alpha(N)} + \gamma'$); в – в зоне внутреннего азотирования ($Fe_{\alpha(N)}$)

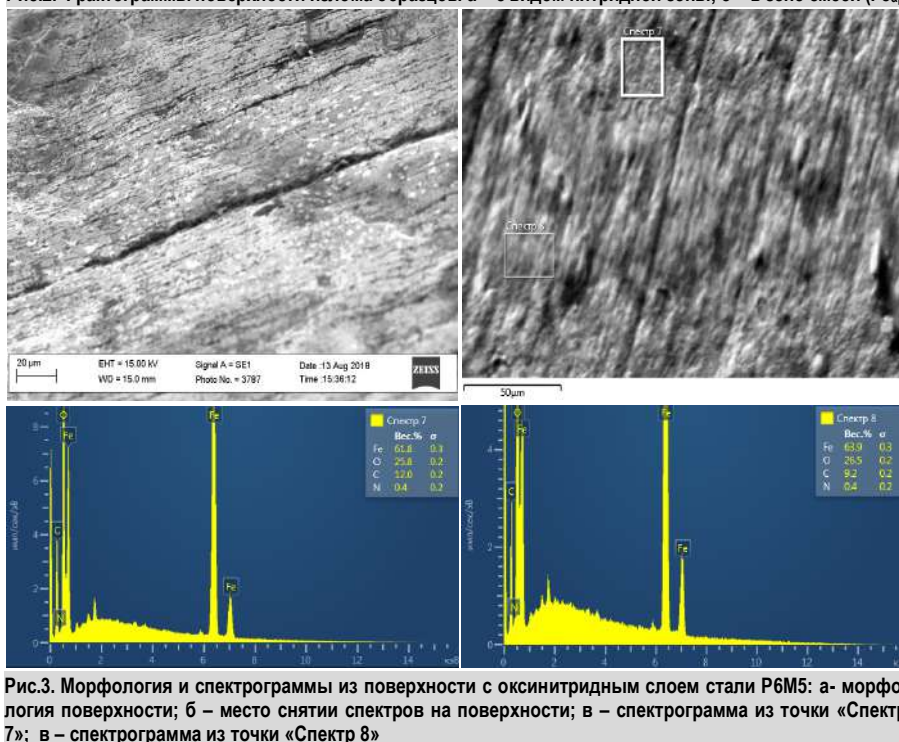


Рис.3. Морфология и спектрограммы из поверхности с оксинитридным слоем стали P6M5: а - морфология поверхности; б – место снятия спектров на поверхности; в – спектрограмма из точки «Спектр 7»; г – спектрограмма из точки «Спектр 8»

При диффузии азота в легированную матрицу образуется стабильный азотистый твёрдый раствор легирующих элементов, которые не склонны к распаду. При повышении концентрации азота в зоне внутреннего азотирования в процессе оксидирования за счёт диссоциации высокоазотистой нитридной фазы $Fe_{2-3}N$ (ϵ -фаза) можно получить структуры азотистого твёрдого раствора и нитридов легирующих элементов (рис. 1, г).

Выделяющейся при азотировании, а также при оксидировании за счёт диссоциации ϵ -фазы нитриды легирующих элементов в зоне внутреннего азотирования имеют дисперсную структуру в ниткообразном или пластинчатом виде. Это можно объяснить тем, что при укрупнении нитридов легирующих элементов необходим диффузионный приток не только атомов азота, но и атомов легирующего элемента. Поскольку поток легирующего элемента максимален на границе зерна, рост нитридов легирующих элементов в основном происходит по границам зерна.

Достоинством оксидирования нитридного слоя на поверхности быстрорежущих сталей является возможность варьирования температуры и продолжительности процесса оксидирования. Регулированием этих режимов можно фиксировать в ЗВА различные стадии процесса выделения твёрдых растворов и нитридов легирующих элементов в матрице. Это дает возможности достижения разного уровня упрочнения по глубине матрицы обрабатываемого режущего инструмента азотированием. Результаты проведённых исследований показывают, что:

- возможны комбинации двух видов химико-термической обработки: азотирование на первой стадии и последующее оксидирование в парах воды;
- чтобы не допустить мартенситное превращение при проведении азотирования процесс необходимо проводить ниже $550^\circ C$, и при этом развитая зона внутреннего азотирования достигается не только за счёт твёрдого раствора и нитрида основного металла здесь же формируются твёрдые растворы и нитриды легирующих элементов, благоприятно влияющие на свойства сплава;
- легирующие элементы в составе быстрорежущих сталей с термодинамической точки зрения более активны к азоту, которые не распадаются при изотермической выдержке нитридного слоя в атмосфере перегретого пара;

При диффузии азота в легированную матрицу образуется стабильный азотистый твёрдый раствор легирующих элементов, которые не склонны к распаду. При повышении концентрации азота в зоне внутреннего азотирования в процессе оксидирования за счёт диссоциации высокоазотистой нитридной фазы $Fe_{2-3}N$ (ϵ -фаза) можно получить структуры азотистого твёрдого раствора и нитридов легирующих элементов (рис. 1, г).

Выделяющейся при азотировании, а также при оксидировании за счёт диссоциации ϵ -фазы нитриды легирующих элементов в зоне внутреннего азотирования имеют дисперсную структуру в ниткообразном или пластинчатом виде. Это можно объяснить тем, что при укрупнении нитридов легирующих элементов необходим диффузионный приток не только атомов азота, но и атомов легирующего элемента. Поскольку поток легирующего элемента максимален на границе зерна, рост нитридов легирующих элементов в основном происходит по границам зерна.

Выделяющейся при азотировании, а также при оксидировании за счёт диссоциации ϵ -фазы нитриды легирующих элементов в зоне внутреннего азотирования имеют дисперсную структуру в ниткообразном или пластинчатом виде. Это можно объяснить тем, что при укрупнении нитридов легирующих элементов необходим диффузионный приток не только атомов азота, но и атомов легирующего элемента. Поскольку поток легирующего элемента максимален на границе зерна, рост нитридов легирующих элементов в основном происходит по границам зерна.

Выделяющейся при азотировании, а также при оксидировании за счёт диссоциации ϵ -фазы нитриды легирующих элементов в зоне внутреннего азотирования имеют дисперсную структуру в ниткообразном или пластинчатом виде. Это можно объяснить тем, что при укрупнении нитридов легирующих элементов необходим диффузионный приток не только атомов азота, но и атомов легирующего элемента. Поскольку поток легирующего элемента максимален на границе зерна, рост нитридов легирующих элементов в основном происходит по границам зерна.

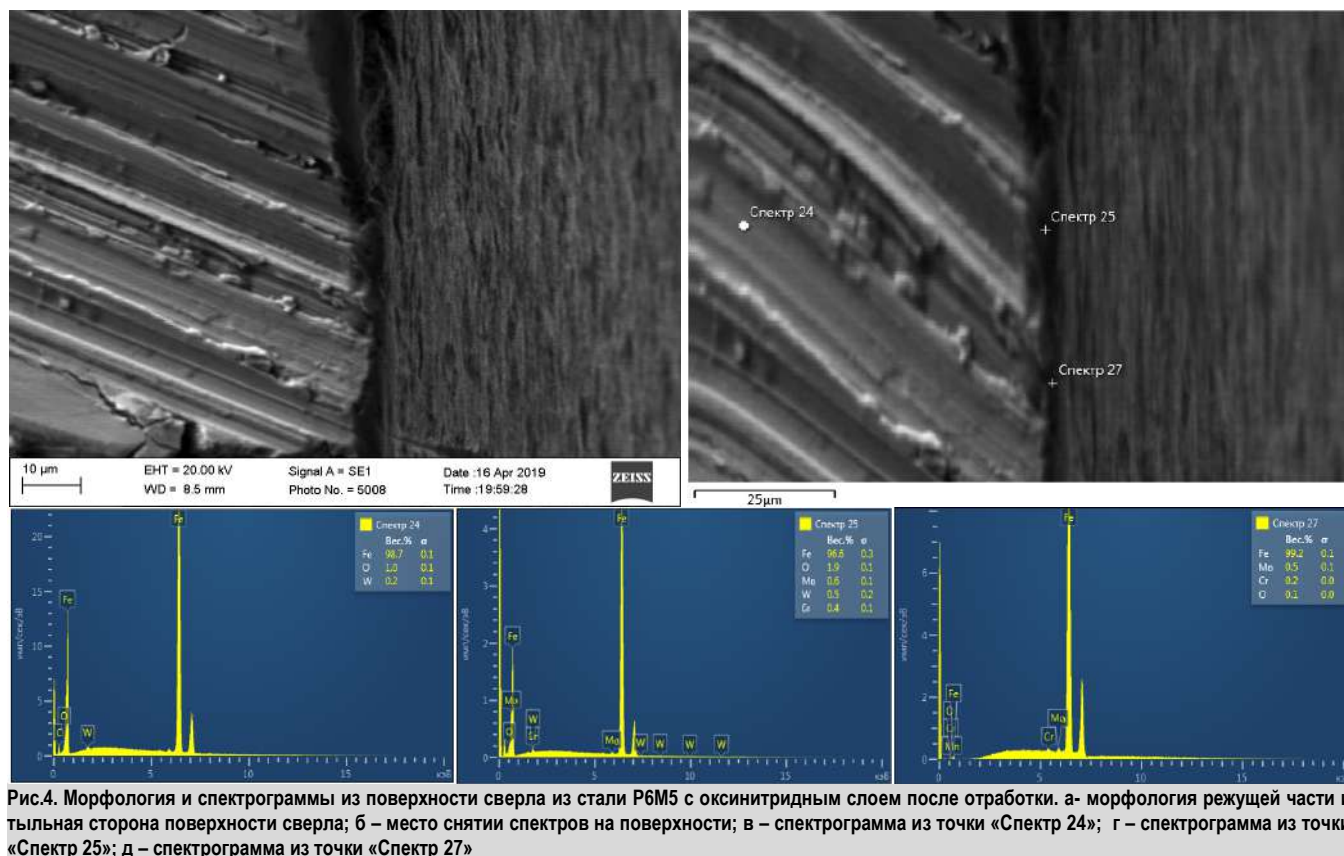


Рис.4. Морфология и спектрограммы из поверхности сверла из стали Р6М5 с оксинитридным слоем после обработки. а- морфология режущей части и тыльная сторона поверхности сверла; б – место снятия спектров на поверхности; в – спектрограмма из точки «Спектр 24»; г – спектрограмма из точки «Спектр 25»; д – спектрограмма из точки «Спектр 27»

При комбинации процесса азотирования с последующим оксидированием в парах воды регулированием того или иного параметра на каждой стадии процесса можно достичь получение диффузионного поверхностно-упрочнённого слоя состоящее, из оксидного, нитридного, карбонитридного, оксикарбонитридного характера слоев и развитую зону внутреннего азотирования твёрдых растворов и нитридов основного металла и легирующих элементов. При необходимости можно получить их композиции в различных соотношениях.

Каждая полученная фаза или смеси фазы ответственны для определённых условий физико-механических и физико-химических свойств обрабатываемых изделий, поэтому с учётом условий эксплуатации инструментов изготовленных из быстрорежущих сталей и установлением технологических параметров для определённого вида инструмента имеется возможность дальнейшего повышения их работоспособности.

Библиографический список:

- Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. -М.: Металлургияиздат, 1978. 390 с.
- Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. - М.: Машиностроение, 1976. - 256 с.
- Лахтин Ю.М. и др. Теория и технология азотирования. -М: Металлургия, 1981, -320 с.
- Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Структура и прочность азотированных сплавов. – М., Металлургия, 1982, -176 с.
- Чаттерджи-Фишер и др. Азотирование и карбонитрирование. Пер. с нем. - М.: Машиностроение, 1990. - 278 с.
- Зыск Я., Тациковский Я., Сулковский И. Формирование диф-фузионных слоев при газовом азотировании // Металловедение и термическая обработка металлов. 1980, № 6. С. 12-15.
- Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Газовое азотирование деталей машин и инструмента. - М.: Машиностроение, 1982. - 60 с.
- Гладкова Е.Н. Теоретические основы и технология паротермического оксидирования. - Саратов, Саратовский политехнический институт - 1973. - 123 с.
- Коган Я.Д., Эшкабилов Х.К. Оксизазотирование металлических изделий. //Упрочняющие технологии и покрытия. 2006, № 6. – стр. С 10-15.
- Горелик С.С., Расторгуев А.Н., Скаков Ю.Л. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. - М.: Металлургия, 1970. 361 с.
- Мирнин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. - М.: Физматгиз, 1961, -863 с.
- Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Булгач А.А. Влияние легирующих элементов на термодинамическую активность и растворимость азота в фазах азотированного слоя. // Металловедение и термическая обработка металлов. 1982, №4. – С. 15-18.
- Александров В.А., Богданов К.В. Азотирование инструмента из высокохромистых и быстрорежущих сталей. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 5. С. 14-20.

HARDENING OF CUTTING TOOLS FROM HIGH-SPEED STEELS BY THE COMBINED METHOD OF GAZ NITRIDING FOLLOWED BY STEAM OXIDATION

¹Eshkabilov Kh.K., Professor, Candidate of Technical Sciences, kholik@rambler.ru

¹Eshkabilov O.Kh., doctor of philosophy (PhD) technical sciences, polegon11@mail.ru

¹Karshi engineering-economical institute. , Karshi , Uzbekistan

Abstract

In order to increase the corrosion resistance and wear resistance as well as the resistance of cutting tools made of high-speed steels, the article presents the results of the study of the possibility of using a combined method of surface hardening, consisting in nitriding in ammonia at the first stage and oxidation of the nitride layer in water vapor at the second stage.

It is studied that the combined process at the first stage at pre-eutectoid temperature for the system "Fe-N" taking into account the temperature intervals of martensitic transformation of residual austenite and at the second stage at pre-eutectoid temperature for the system "Fe-O" at tempering temperature intervals allows to obtain a diffusion nitride-oxide layer with the necessary structures and properties on the surface of high-speed steels.

Keywords: cutting tool, high-speed steel, hardening, tempering, surface hardening, alloying element, oxidation, surface oxide layer, nitriding, diffusion nitride layer, nitrooxidation, composite layer, high nitride faze, low nitride faze, zone of internal nitriding, solid solutions, eutectoid temperature.

References

1. Novikov I. I. Theory of heat treatment of metals. - Moscow: Metallurgizdat, 1978.—390 p.
2. Lakhtin Y. M., Kogan, J. D. Nitriding steel. - Moscow: Mashinostroenie, 1976. - 256 p.
3. Lakhtin Y. M. et al. Theory and technology of nitriding. - M: Metallurgy, 1981. - 320 p.
4. Lakhtin Y. M., Kogan Y. D. Structure and strength of nitrided alloys. - M., Metallurgy, 1982. - 176 p.
5. Chatterjee-Fisher et al. Nitriding and carbonitriding. TRANS. - Moscow: Mashinostroenie, 1990. - 278 p.
6. Zysk J., Tacikowski Y., Sulkowski, I. the formation of the diffusion layers during gas nitriding // Metallography and heat treatment of metals. 1980, № 6. – pp. 12-15.
7. Lakhtin Y. M., Kogan Y. D. Gas nitriding of machine parts and tools. - Moscow: Mashinostroenie, 1982. - 60 p.
8. Gladkov E. N. Theoretical bases and technology paratergites oxidation. - Saratov, Saratov Polytechnic Institute-1973. - 123 p.
9. Kogan Y. D., Eshkabilov Kh. K. Oxyazotirovanie metal products. // Reinforcing technologies and coatings. 2006, №6. – pp. 10-15.
10. Gorelik S. S., Rastorguev A. N., Skakov Y. L. Radiographic and electron-optical analysis. - Moscow: Metallurgy, 1970. - 361 p.
11. Mirkin L. I. Handbook of x-ray diffraction analysis of polycrystals. - M.: Fizmatgiz, 1961, - 863 p.
12. Lakhtin Y. M., Kogan Y. D., Bulgach A. A. Influence of alloying elements on thermodynamic activity and solubility of nitrogen in nitrided layer phases. // Metallography and heat treatment of metals. 1982, №4. – pp. 15-18.
13. Alexandrov V. A., Bogdanov K. V. Nitriding of tools made of high-chromium and high-speed steels. // Reinforcing technologies and coatings. 2005. №5. –pp 14-20.

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



ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ



Абдуллаев К.С.,
главный инженер
ПО «НМЗ», НГМК



Бободустов З.М.,
начальник ЛП ПО «НМЗ»,
НГМК



Улугов Г.Д.,
инженер металлвед
ПО «НМЗ», НГМК



Жумаев А.А.,
докторант, Навоийское
отделение АН РУз

Navoiy mashinasozlik zavodi ishlab chiqarish birlashmasida tayerlangan 280X29NL va 300X32N2M2TL markali yemirilishga bardoshi oq chuyalar namunalari kimyoviy tarkibi, mikro tuzilishi va qattiqligini o'rganish natijalari bayon qilingan.

Tayanch iboralar: emirilishga bardoshli chyan, termal ishlov berish, mikro tuzilish, abraziv emirilish, kimeviy tarkib, karbid.

В работе представлены в качестве объектов исследования образцы высокохромистых чугунов 280X29НЛ и 300X32М2Н2ТЛ. Определен разброс химического состава сплавов, приготовленных в условиях ПО «Навоийский машиностроительный завод», изучена твердость, микроструктура полуфабрикатов и готовых изделий до и после термической обработки, исследован абразивный износ высокохромистых чугунов, подвергнутых термообработке.

Ключевые слова: износостойкий чугун, термическая обработка, микроструктура, абразивный износ, химический состав, карбид.

В настоящее время в литейном производстве Навоийского машиностроительного завода (Узбекистан) производится около 117 т в месяц литых деталей (отливок) из высокохромистого белого чугуна. Наибольшую долю литья составляют детали оборудования, используемого для горных работ в качестве измельчителей горных пород, которые изготавливают из чугуна марок 280X29НЛ и 300X32М2Н2ТЛ. Оптимизация состава чугунов и режимов термической обработки (как предварительных, так и завершающих) отливок представляет весьма актуальную задачу для предприятия, поскольку снижение степени легированности химического состава чугунов и повышение эксплуатационных свойств деталей из них является показателем эффективности деятельности предприятия, в частности и отрасли в целом [1,2].

Целью работы является изучение влияния химического состава и термической обработки на эксплуатационные свойства высокохромистых белых чугунов. Для достижения цели в работе решены следующие задачи:

- оптимизирован состав чугунов на основе изучения и построения соответствующих диаграмм состояния, их поли- и изотермических сечений;
- изучено изменение структуры сплавов, в том числе модельных, после термической обработки;
- определено изменение механических свойств белых чугунов в зависимости от их состава.

Материалы и методы исследования. В качестве исследуемого материала были выбраны износостойкие белые чугуны 280X29НЛ и 300X32М2Н2ТЛ. Данные чугуны применяются для отливок горно-обогатительного оборудования, работающих в условиях интенсивного абразивного износа (детали грунтовых насосов, футеровки размольных мельниц, гидротранспорта и др.).

Для проведения исследований с применением литейного холодильника отлиты образцы размерами 25x20x20 мм из белых износостойких чугунов марки 280X29НЛ и 300X32М2Н2ТЛ на индукционной печи ИЧТ-2,5 (пр-во Россия).

Термическую обработку образцов производили в термопечи модели СНОЛ 3/11 по технологии, указанной в рис. 1.

После закалки отливки подвергнуты низкому отпуску для снятия внутренних напряжений при температуре 180-250°C в течение 2-3 часов.

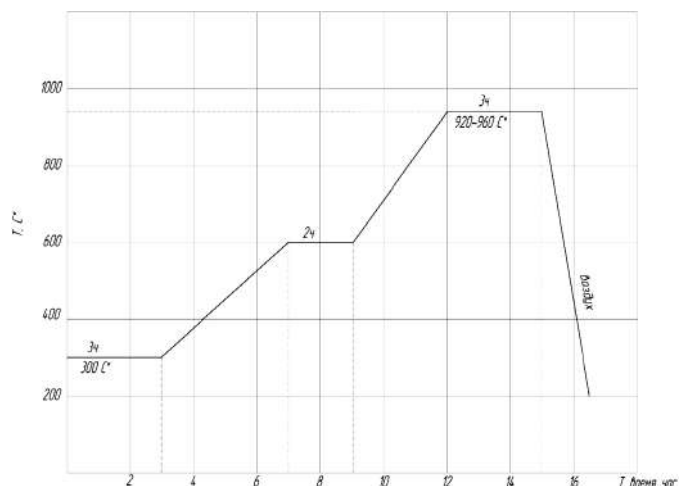


Рис. 1. График нагрева отливок под закалку

Химический состав отливок, приготовленных в промышленных условиях, определены эмиссионным спектральным методом на приборе Spectro-Lab –M (пр-во Германия).

Микрошлифы подготовили на шлифовально-полировальном станке «НЕРИС» (пр-во Латвия). Для шлифовки образцов применены шлифовальный шкурки зернистостью от 180 до 1500 мкм. Полировка поверхности микрошлифов произведена с помощью алмазной пасты ASM зернистостью 1/0, 2/1 и 3/2.

Для выявления структуры образцы подвергнуты травлению реактивом следующего состава: 15 мл азотной кислоты, 15 мл соляной кислоты и 15 мл глицерина. Время травления 10 мин., при температуре реактива 60-65°C.

Для изучения микроструктуры образцов применен металлографический микроскоп ММР-4. Для измерения твердости по HRC использовался твердомер ТК-2М.

Результаты и их обсуждение.

Усредненные результаты изучения химического состава белых чугунов приведены в табл. 1.

Анализ показывает, что составы полученных сплавов соответствуют требованиям стандартов.

Химический состав исследуемых сплавов

	Элементы, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu
280X29НЛ	2,92	0,51	0,57	0,067	0,032	28,86	1,54	0,057	-	0,2
300X32Н2М2ТЛ	2,67	1,13	0,57	0,043	0,018	31,58	1,93	0,37	0,2	0,07

Микроструктура высокохромистых чугунов в литом состоянии представлена мартенсито-трооститной металлической матрицей и эвтектическими колониями на базе карбида хрома M_7C_3 , имеющих розеточную морфологию (рис. 2. а).

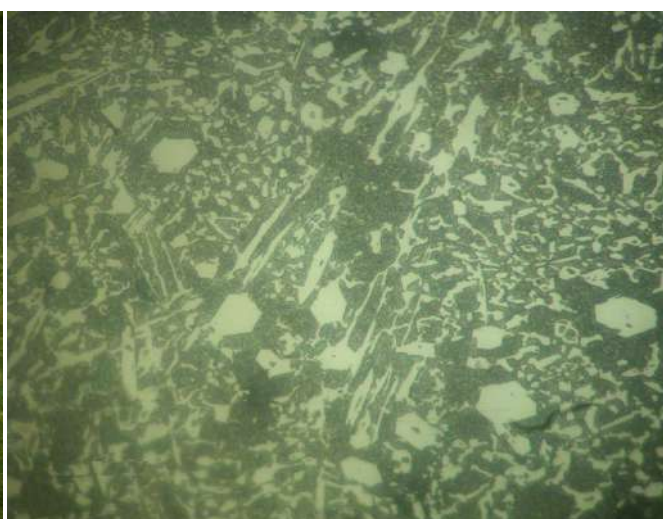
Перлитная составляющая присутствует и в эвтектике. На микрошлифах после травления такие участки выглядят более темными. В чугуне 300X32Н2М2ТЛ металлическая основа более легирована хромом, поэтому устойчивость аустенита увеличивается в перлитной области и его распад происходит в мартенситной области (см. рис. 2, б). В структуре исследуемых чугунов преобладают поперечные сечения аустенитно-карбидных колоний, ориентированных большой осью, в основном, перпендикулярно поверхности. На некоторых участках встречается также и параллельная ориентировка карбидов большой осью относительно поверхности. Длительный высокотемпературный отжиг при 960°C способствовал частичному растворению и измельчению эвтектики и получению более дисперсных карбидов (рис. 3). Уменьшилось количество остаточного аустенита за счет перераспределения элементов между матрицей и карбидами и дальнейшего медленного

охлаждения с печью. Металлическая матрица исследуемых чугунов представлена в основном тонкодисперсным перлитом с округлыми дисперсными карбидами хрома. В чугуне марки 280X29НЛ в процессе медленного охлаждения произошло выделение большого числа карбидов хрома, объемная доля которых достигает до 58%. В более высокохромистом чугуне 300X32Н2М2ТЛ сохранилась «розеточная» морфология карбидной эвтектики, однако, размеры частиц карбидов в колонии уменьшились за счет частичного растворения [3,4].

Нагрев чугуна 280X29НЛ при закалке до 960°C привел к незначительному растворению карбидов в эвтектике (рис. 3, а). При закалке на воздухе из-за невысокой скорости охлаждения произошло выделение карбидов игольчатой формы [5,6]. В структуре присутствуют, как мелкие дисперсные карбиды, так и более крупные угловатые. Структура матрицы представляет собой продукты распада аустенита немартенситного типа и характеризуется повышенной травимостью. В чугуне марки 300X32Н2М2ТЛ при нагреве под закалку до 960°C в структуре сохранилось большое количество нерастворившихся карбидов, расположенных в местах нахождения розеток карбидной эвтектики (рис 3, б).

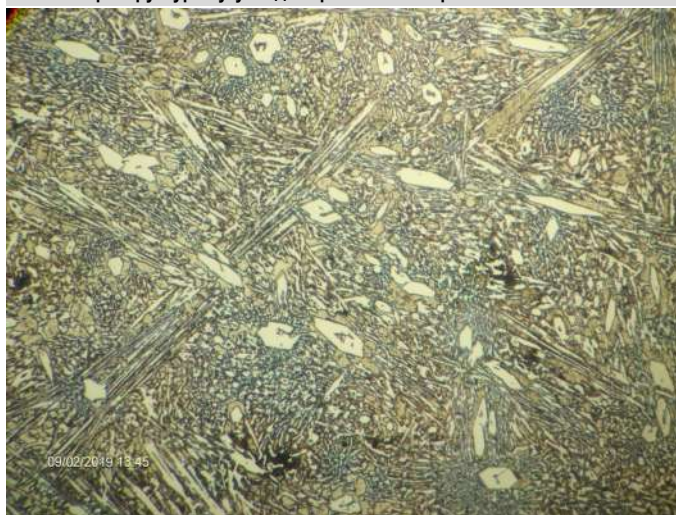


а)

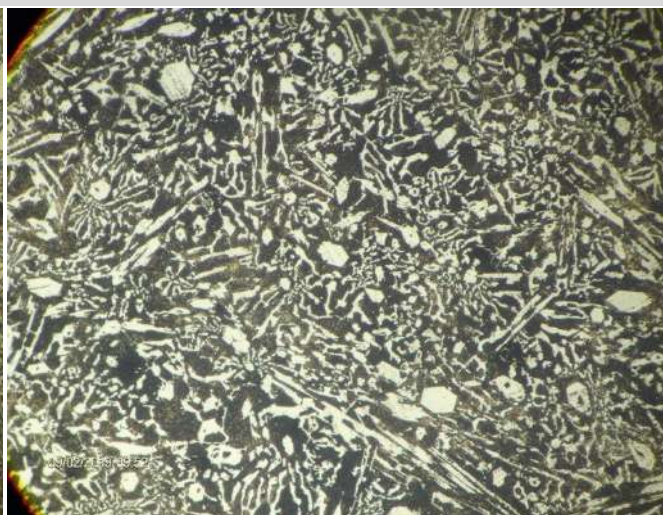


б)

Рис. 2 Микроструктура чугуна до термической обработки



а)



б)

Рис. 3 Микроструктура чугуна после термической обработки

Таблица 2

Результаты экспериментов на образцах 280X29НЛ

	Твердость марка 280X29НЛ, HRC		Твердость марка 300X32Н2М2ТЛ, HRC	
	до <i>m/o</i>	после <i>m/o</i>	до <i>m/o</i>	после <i>m/o</i>
Без холодильник	42	53	52	62
Чугунный холодильник	41	52	53	62
Бронзовый холодильник	43	54	52	64

После низкого отпуска при 250°С в структуре чугуна 280X29НЛ, охлажденного при закалке на воздухе, присутствуют, как игольчатые карбиды, выделившиеся при закалке, так и более мелкие – образовавшихся в процессе отпуска, причем количество последних очень незначительно. Такое изменение структуры может быть связано с тем, что при закалке произошло выделение крупных карбидов и обеднение матрицы хромом. При последующем отпуске из обедненной матрицы выделилось малое количество вторичных карбидов. В отпущенном чугуне марки 300X32Н2М2ТЛ наблюдается большое количество крупных карбидов хрома, их выделение соответствует расположению эвтектики в литом состоянии. Структура характеризуется большим количеством не расплавшегося при нагреве аустенита.

На каждом этапе термообработки твердость каждого образца измеряли методом Роквелла. Кроме того, на основе изображений с оптического микроскопа оценивали их микроструктуру.

Размер сплава увеличился до 12 единиц в результате перехода от аустенитного мартенсита к металлической основе термически обработанного образца.

1. В литом состоянии структура чугунов марок 280X29НЛ и 300X32Н2М2ТЛ представляет собой троостит и мартенсит с большим количеством эвтектических колоний на базе карбидов хрома розеточной морфологии. Из-за высокого содержания углерода и хрома повышается устойчивость против распада пересыщенного твердого раствора при охлаждении, вследствие чего в структуре сохранилось до 36% остаточного аустенита.

2. После закалки с охлаждением на воздухе получена наиболее однородная мартенсито-карбидная структура в исследуемых чугунах, причем в чугуне марки 280X29НЛ вследствие меньшего содержания хрома распределение карбидов более равномерное по сравнению с чугуном марки 300X32Н2М2ТЛ.

Библиографический список:

1. Podrzucki, Cz. (1991). Чугун. Краков: Публикация ZG STOP.
2. Kosowski, A., Podrzucki, Cz. (1981). Легированный чугун. Краков: университетские сценарии.
3. Студницки А. (2013). Роль выбранных модификаторов в кристаллизации износостойкого хромового чугуна. Катовице-Гливице: ред. Комиссия Литейного завода.
4. Сян, гл. & Yanxiang L. (2010). Влияние термической обработки на микроструктуру и механические свойства чугуна с высоким содержанием бора. Материаловедение и инженерия. А 528, 770-775. DOI: 10.1016/j.msea.2010.09.092.
5. Kopyciński, D. & Piasny, S. (2012). Влияние вольфрама и титана на структуру хромистого чугуна. Архивы Литейного машиностроения. 12 (1), С. 57-60.
6. Студницки А. (2009). Влияние выбранных модификаторов на кривую кристаллизации хромового чугуна. Архивы Литейного машиностроения. 9 (3), С. 181-188.
7. Studnicki, A., Jura, S. & Suchoń, J. (1998). Влияние химического состава чугуна с хромом на распределение карбидов по размерам. Затвердевание металлов и сплавов. 37, С. 17- 37.
8. Копичинский Д. (2009). Анализ структуры отливок из хромированного белого чугуна, стойкого к абразивному износу. Архивы Литейного машиностроения. 9 (4), С. 109-112.
9. Kilarski, J., Studnicki, A. & Przybył, M. (2003). Распределение твердости и микротвердости матрицы из хромистого чугуна по сечению отливок. Архивы Литейного машиностроения. 3, С. 274-279.
10. Копичинский Д., Гузик Е. и Пясны С. (2011). Конструкция износостойких отливок из хромированного чугуна. Архивы Литейного машиностроения. 11 (3), С. 61-64.
11. Кавалец М. (2014). Контроль микроструктуры высоколегированного белого чугуна. Архивы Литейного машиностроения. 14 (1), С. 49-54.
12. EN12513: 2011 (E). Основание - износостойкий чугун.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 63-65

INFLUENCE OF THERMAL TREATMENT ON STRUCTURE OF WEAR-RESISTANT CAST IRON

¹Abdullaev K.S., Chief engineer of the software "Navoi Engineering Plant"

¹Bobodustov Z.M., Foundry Production Manager, Navoi Engineering Plant

¹Ulugov G.D., Software Engineer Navoi Engineering Plant

²Zhumaev A.A., Doctoral student, ahmadjon_jumayev@mail.ru

¹Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

²Navoi branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

Abstract:

In this study, a high-chromium 280X29NL and 300X32M2N2TL cast irons were investigated. The segregation of solutes throughout the castings produced in industrial scale was determined. The microstructure and the associated hardness of semi-final and final products before after heat treatments were characterized. Moreover, abrasion wear of heat treated castings were thoroughly investigated.

Keywords: wear-resistant cast iron, heat treatment, microstructure, abrasive wear, chemical composition, carbide.

References

1. Podrzucki, Cz. (1991). Cast Iron. Krakow: ZG STOP Publication.
2. Kosowski, A., Podrzucki, Cz. (1981). Alloy cast iron. Krakow: University scripts.
3. Studnicki, A. (2013). Role of selected modifiers in the crystallization of wear resistant chromium cast iron. Katowice-Gliwice: Ed. Commission Foundry PAN.
4. Xiang, Ch. & Yanxiang, L. (2010). Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of high boron white cast iron. Materials Science and Engineering. A 528, 770-775. DOI:10.1016/j.msea.2010.09.092.
5. Kopyciński, D. & Piasny, S. (2012). Influence of tungsten and titanium on the structure of chromium cast iron. Archives of Foundry Engineering. 12(1), pp. 57-60.
6. Studnicki, A. (2009). Influence of selected modifiers on crystallization curve of chromium cast iron. Archives of Foundry Engineering. 9(3), pp. 181-188.
7. Studnicki, A., Jura, S. & Suchoń, J. (1998). The influence of chemical composition of chromium cast iron on distribution of carbides size. Solidification of Metals and Alloys. 37, pp. 17- 37.
8. Kopyciński, D. (2009). Analysis of the structure of castings made from chromium white cast iron resistant to abrasive wear. Archives of Foundry Engineering. 9(4), pp. 109-112.
9. Kilarski, J., Studnicki, A. & Przybył, M. (2003). Distribution of hardness and microhardness of matrix of chromium cast iron on section casting. Archives of Foundry Engineering. 3, pp. 274-279.
10. 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.
11. Kawalec, M. (2014). Microstructure control of high-alloyed white cast iron. Archives of Foundry Engineering. 14(1), pp. 49-54.
12. EN12513:2011 (E). Founding - Abrasion Resistant Cast Iron.

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЙКИ В СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДАХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ



Заиров Ш.Ш.,
профессор кафедры
«Горное дело», НГГИ, д.т.н.,



Худайбердиев О.Ж.,
ст. преп. кафедры «Высшая
математика и информаци-
онные технологии», НГГИ



Норматова М.Ж.,
заместитель декана горного
факультета, НГГИ



Номдоров Р.У.,
ассистент кафедры «Горное
дело и геодезия», КариЭИ

Qum va yutuvchi qorishmadan iborat turli uzunlikdagi zaboykalarning harakatlanish jarayonini hisobga olgan holda, skvajinadagi detonatsiya mahsuloti bosimini o'zgarishi tadqiq etilishi natijasida qumdan tayyorlangan zaboyka bilan solishtirilganda, yutuvchi qorishmadan tayyorlangan zaboyka qo'llanilganda detonatsiya mahsuloti bosimi va chiqib ketish vaqti pastligini aniqlash imkonini beradi.

Tayanch iboralar: portlovchi modda, zaboyka, harakatlanish jarayoni, skvajinadagi detonatsiya mahsuloti bosimi, qumdan tayyorlangan zaboyka, yutuvchi qorishmadan tayyorlangan zaboyka, detonatsiya mahsuloti bosimi, zaboykaning chiqib ketish vaqti.

Исследовано изменение давления продуктов детонации в скважине с учетом процессов движения забойки из песка и поглощающей смеси различной длины, в результате которого установлено, что при использовании забойки из поглощающей смеси давление продуктов детонации и время вылета ниже по сравнению с забойкой из песка.

Ключевые слова: взрывчатое вещество, забойка, процесс движения, давление продуктов детонации в скважине, забойка из песка, забойка из поглощающей смеси, время вылета забойки.

При ведении горных работ на карьерах буровзрывным способом выделяется огромное количество пыли и ядовитых газообразных продуктов, на интенсивность образования которых влияют метод взрывания, ассортимент используемых взрывчатых веществ (ВВ), метод бурения взрывных скважин, тип и вид забойки, обводненность массива, свойства горных пород, метеоусловия и др. [1-5]. Установлено, что при взрыве 1 кг ВВ из образующих в среднем 900 л различных газов и газообразных продуктов 15% являются ядовитыми и опасными для человека и окружающей среды. Для предотвращения пылегазовыделений в настоящее время применяют различные типы забоек, которые оказывают влияние не только на уменьшение объема выбросов, но и на эффективность и безопасность взрывных работ, способствует наиболее полному использованию энергии взрыва и увеличивает время воздействия продуктов взрывчатого превращения.

На сегодняшний день во всем мире для уменьшения выбросов пыли и газообразных продуктов ВВ разрабатываются новые типы забоек, изучается процесс формирования и распространения пылегазового облака, разрабатываются методы снижения уровня пылевого загрязнения. Возникает необходимость в выполнении научных исследований по моделированию параметров забойки в скважинных зарядах ВВ, исследованию образования пыли и ядовитых газов при массовых взрывах на глубоких карьерах, разработке методики получения поглотительного раствора, способного нейтрализовать ядовитые соединения после взрыва, разработке методов и способов уменьшения пылегазовыделений при ведении буровзрывных работ на карьерах.

В результате исследований [6-10] установлено, что при взрыве скважинного заряда ВВ происходят следующие процессы:

- вывод забойки из неподвижного состояния, которому соответствует время t_1 ;
- движение забойки по скважине в течение t_2 ;
- истечение продуктов детонации из скважины после вылета из него забойки с соответствующим изменением давления, причем в последнем случае, если забойка сплошная после вылета она продолжает

оказывать противодействие истекающим продуктам детонации и в этом случае уменьшение давления происходит медленнее, чем в случаях истечения продуктов детонации без забойки или с забойкой из сыпучих материалов, которая после вылета разлетается в разные стороны.

Время t_1 , в течение которого происходит вывод забойки из неподвижного состояния определяется тем, что начало перемещения различных частей забойки происходит постепенно по мере вовлечения их в движение так, что процесс перемещения забойки как целого будет происходить только после того, как продольная волна сжатия пробежит вдоль нее, по крайней мере 3-4 раза.

При этом очевидно, что вывод забойки из неподвижного состояния будет определяться следующими явлениями:

- движением частиц друг относительно друга и перераспределением энергии между ними с помощью импульсов напряжения с учетом скорости распространения упругих волн в самих частицах и в порах между ними, заполненных газом;
- сцеплением частиц забойки со стенками скважин и формированием около стенок пограничного слоя;
- переукладкой зерен при движении, сопровождающейся дилатансией.

Все эти явления определяются системой следующих внешних и внутренних параметров: давлением P (ML-1T-2) и плотностью ρ (ML-3) продуктов детонации, диаметром скважины d_s (L), длиной l_s (L), плотностью ρ_3 (ML-3), коэффициентом трения k_{tr} , модулем Юнга E , коэффициентом Пуассона ν забойки, скоростью продольных волн в материале забойки C_{np} (LT-1). Кроме того, в случае использования поглощающей забойки указанный процесс зависит еще и от приведенного значения $k^*(L-1)$, η – коэффициент вязкости, сцепления частиц забойного материала C_s (ML-1T-2), диаметра частиц забойки d_c (L), скорости дилатансии λ .

Таким образом, время t_1 будет некоторой функцией указанных параметров

$$t_1 = f(l_s, \rho, C_{np}, \rho_3, P, k_{tr}, k^*, \nu, C_x, T, \lambda, d_c, d_s)$$

В качестве базисных параметров для рассматриваемого процесса приняты l_s, ρ_3, C_{np} так, что, следуя π – теореме теории подобия и раз-

мерности [11], время t_1 может быть представлено в виде некоторой зависимости:

$$t_1 = \frac{1}{C_{np}} F \left(l, l, l, \frac{P}{\rho_3 C_{np}^2}, \frac{\rho}{\rho_3}, \frac{d_c}{l_3}, \frac{C_q}{\rho_3 C_{np}^2}, \frac{h_{м.п.с}}{l_3} \right), \quad (1)$$

Параметры k^* , d_c , E , v и Λ определяют мощность $h_{м.п.с}$ пограничного слоя, величина которого, как правило, не превышает $5d_c$ [12]. Поэтому будем считать, что t_1 зависит от указанных параметров через величину $h_{м.п.с}$. При сделанных допущениях и физической сущности рассматриваемого явления отношения d_c/l_3 и $h_{м.п.с}/l_3$ постоянны в течение всего времени t_1 и поэтому зависимость (1) от них дальше не определялась.

Величина l_3/C_{np} есть время распространения продольных волн в материале забойки, а ρ/ρ_3 – определяет долю энергии продуктов детонации, переданной забойке.

Параметр характеризует отношение внешнего фактора давления в продуктах детонации и акустической жесткости материала (внутренний фактор).

Рассмотрим предельный случай, когда $P \rightarrow \infty$.

При принятом феминологическом подходе и ограничиваясь макроскопическим описанием среды и линейными характеристиками уравнений, необходимо считать, что в этом случае t_1 должно стремиться к 0.

$$\bar{P} = \frac{P}{\rho_3 C_{np}^2}$$

Примем для рассматриваемого процесса: \bar{P} есть величина больше 1. Действительно, при взрыве $P \sim 109$, $\rho_3 \sim 103$, $C_{np} \sim 103$, т.е.

$\bar{P} \sim 104$. Поэтому разложение искомой функции в ряд Тейлора по параметру \bar{P} с сохранением бесконечно малой первого порядка имеет вид: A/\bar{P} .

Учитывая также малость l_3/C_{np} и ρ/ρ_3 , получим

$$t_1 = \frac{\lambda_3}{C_{np} \bar{P}} \left(1 + \mu \frac{\rho}{\rho_3} \right), \quad (2)$$

где коэффициенты λ и μ определены по экспериментальным дан-

ными и являются функцией параметров d_c/l_3 , $h_{м.п.с}/l_3$, $\frac{C_q}{\rho_3 C_{np}^2} = \bar{C}$.

Для твердых материалов величину \bar{C} по физическому смыслу необходимо принять равной ∞ и только для сыпучих материалов вели-

чина \bar{C} конечна. Поэтому интервал ее изменения будет составлять от 0 до ∞ , а, следовательно, разложение в ряд Тейлора по параметру

\bar{C} будет представлен, как $\beta \left(1 + \frac{\sigma}{t} \right)$ и этим множителем будет практически учитываться сцепление частиц сыпучей среды при формировании движения. Очевидно, здесь будет автоматически учитываться явление переукладки зерен, впоследствии рассматривая движение сыпучей среды как единого целого.

Окончательно, функциональная зависимость (2) примет вид:

$$t_1 = \frac{\lambda_1 l_3 \rho_3 C_{np}}{P} \left(1 + \lambda_2 \frac{\rho}{\rho_3} \right) \left(1 + \lambda_3 \frac{\rho_3 C_{np}^2}{C_q} \right). \quad (3)$$

Процесс воздействия продуктов взрыва на стенки скважины можно разделить на три стадии. Первая стадия характеризуется детонацией заряда, в результате чего давление возрастает от нуля до максимума.

Рассмотрим два процесса движения забойки по скважине, которое определяется законами сохранения энергии и количеством движения с учетом потерь импульса на трение для поглощающих забоек.

Время вывода забойки из неподвижного состояния для поглощающей забойки:

– при длине забойки $l_3 = 5$ м

$$t_1 = \frac{0,008 \cdot 5 \cdot 1120 \cdot 2,5}{5,9} \cdot \left(1 + \frac{0,006 \cdot 1043}{1120} \right) \cdot \left(1 + \frac{0,004 \cdot 1120 \cdot 6,25}{28,19} \right) = 20 \text{ мс};$$

– при длине забойки $l_3 = 6$ м

$$t_1 = \frac{0,008 \cdot 6 \cdot 1120 \cdot 2,5}{5,9} \cdot \left(1 + \frac{0,006 \cdot 1043}{1120} \right) \cdot \left(1 + \frac{0,004 \cdot 1120 \cdot 6,25}{28,19} \right) = 24 \text{ мс};$$

– при длине забойки $l_3 = 8$ м

$$t_1 = \frac{0,008 \cdot 8 \cdot 1120 \cdot 2,5}{5,9} \cdot \left(1 + \frac{0,006 \cdot 1043}{1120} \right) \cdot \left(1 + \frac{0,004 \cdot 1120 \cdot 6,25}{28,19} \right) = 32 \text{ мс}.$$

Исходя из (3) находим выражения для определения изменения давления продуктов детонации в скважине P_c :

$$P_c(t_1) = \frac{\lambda_1 l_3 \rho_3 C_{np}}{t_1} \left(1 + \lambda_2 \frac{\rho}{\rho_3} \right) \left(1 + \lambda_3 \frac{\rho_3 C_{np}^2}{C_q} \right). \quad (4)$$

Используя полученные результаты ρ_3 , ρ и значения для C_{np} и C_q , вычислим значение P_c для соответствующих длин

забойки l_3 при

$$\lambda_1 = 0,008, \quad \lambda_2 = 0,006, \quad \lambda_3 = 0,004$$

$$\rho = 1043 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_3 = 1120 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{np} = 2,5 \text{ км/с}; \quad C_q = 28,19 \text{ МПа}$$

При длине забойки $l_3 = 5$ м и времени вывода забойки из неподвижного состояния $t_1 = 20$ мс

$$P_c(t_1) = \frac{0,008 \cdot 5 \cdot 1120 \cdot 2,5}{20} \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \frac{1043}{1120} \right) \cdot \left(1 + 0,004 \cdot \frac{1120 \cdot 6,25}{28,19} \right) = 11270 \text{ МПа}.$$

При длине забойки $l_3 = 6$ м и времени вывода забойки из неподвижного состояния $t_1 = 24$ мс

$$P_c(t_1) = \frac{0,008 \cdot 6 \cdot 1120 \cdot 2,5}{24} \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \frac{1043}{1120} \right) \cdot \left(1 + 0,004 \cdot \frac{1120 \cdot 6,25}{28,19} \right) = 11270 \text{ МПа}.$$

При длине забойки $l_3 = 8$ м и времени вывода забойки из неподвижного состояния $t_1 = 3,23$ мс

$$P_c(t_1) = \frac{0,008 \cdot 8 \cdot 1120 \cdot 2,5}{32} \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \frac{1043}{1120} \right) \cdot \left(1 + 0,004 \cdot \frac{1120 \cdot 6,25}{28,19} \right) = 11270 \text{ МПа}.$$

Для сплошной забойки:

При длине забойки $l_3 = 5$ м

$$P_c(t_1) = \frac{\lambda_1 l_3 \rho_3 C_{np}}{t_1} \left(1 + \lambda_2 \frac{\rho}{\rho_3} \right) \left(1 + \lambda_3 \frac{\rho_3 C_{np}^2}{C_q} \right) = 20 \text{ мс}$$

Определим изменение давления в скважине P_c :

При длине забойки $l_3 = 5$ м и времени вывода забойки из неподвижного состояния $t_1 = 21$ мс

$$P_c(t_1) = \frac{\lambda_1 l_3 \rho_3 C_{np}}{t_1} \left(1 + \lambda_2 \frac{\rho}{\rho_3} \right) \left(1 + \lambda_3 \frac{\rho_3 C_{np}^2}{C_q} \right) = 12500 \text{ МПа}.$$

1. Уравнение движения для сыпучей забойки с начальными условиями $z(0) = z'(0) = 0$ имеет следующий вид:

$$m_3 \frac{d^2 z}{d t^2} = S_c P(1 - \sigma). \quad (5)$$

где S_c – площадь поперечного сечения скважины, m^2 ; P – давление в продуктах детонации, $Па$; σ – коэффициент трения скольжения; m_3 – масса забойки, $кг$.

Упрощая дифференциальное уравнение (5), получим:

$$z'' = a,$$

где введено обозначение $a = ScP(1-\sigma)/m_3$.

Интегрируя уравнение, получим:

$$z' = at + C_1;$$

$$z = \frac{at^2}{2} + C_1t + C_2.$$

Учитывая начальные условия, $z'(t) = 0$, получим:

$$C_2 = 0 \quad \text{и} \quad z'(0) = 0 \rightarrow C_1 = 0.$$

Решением дифференциального уравнения (5) является интегральная кривая, уравнение которой с начальными условиями $z(0) = z'(0) = 0$

выглядит следующим образом:

$$z(t) = \frac{S_c P (1 - \sigma)}{2 m_3} t^2, \quad (6)$$

Рассмотрим процесс для поглощающей забойки. Далее, при моделировании процесса, будем учитывать того, что в забойке присутствует смесь (водная или масляная), которая уменьшает трение настолько, что его можно не учитывать, но добавляется вязкость. С учетом высказанных, уравнение процесса поглощающей забойки с начальными условиями $z(0) = z'(0) = 0$, имеет следующий вид:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{[1 - \eta \cdot (l_3 - z)] P}{\theta l_3}, \quad (7)$$

где η – коэффициент вязкости, $МПа \cdot с$; u – удельный вес материала забойки, $кг/м^3$.

Данное уравнение запишем в виде с начальными условиями:

$$z'' = \frac{[1 - \eta \cdot (l_3 - z)] P^2}{v \cdot l_3}$$

с начальными условиями $z(0) = z'(0) = 0$. Преобразуем уравнение:

$$z'' = \frac{[1 - \eta \cdot l_3] P}{v \cdot l_3} + \frac{\eta \cdot P}{v \cdot l_3} z.$$

Обозначим $a = \frac{\eta \cdot P}{v \cdot l_3}$, и $\epsilon = \frac{[1 - \eta \cdot l_3] P}{v \cdot l_3}$.

Тогда уравнение примет следующий вид:

$$z'' = az + \epsilon \quad \text{или} \quad z'' - az = \epsilon.$$

Решение уравнения

$$z'' - az = \epsilon$$

будем искать в виде

$$z = z_{об} + z_ч,$$

здесь $z_{об}$ – общее решение однородного уравнения,

$z_ч$ – некоторое частное решение данного уравнения.

3. Запишем однородное линейное дифференциальное уравнение 2-го порядка

$$z'' - az = 0. \quad (8)$$

Решение этого уравнения будем искать в виде

$$z = e^{\lambda t}. \quad (9)$$

Тогда

$$z' = \lambda e^{\lambda t} \quad \text{и} \quad z'' = \lambda^2 e^{\lambda t}.$$

Подставляя данные выражения в уравнение (8), имеем

$$\lambda^2 e^{\lambda t} - a e^{\lambda t} = 0.$$

Сокращая на экспоненту, получим $\lambda^2 - a = 0$, отсюда $\lambda^2 = a$,

корни этого уравнения равны $\lambda_{1,2} = \pm \sqrt{a}$.

Общее решение дифференциального уравнения будет иметь вид:

$$z_{об} = c_1 e^{\sqrt{a}t} + c_2 e^{-\sqrt{a}t}.$$

4. Найдем решение неоднородного дифференциального уравнения

$$z'' - az = \epsilon. \quad (10)$$

Решение данного уравнения будем искать в виде $z_2 = A$.

Тогда $z' = z'' = 0$.

Найденные выражения подставим в уравнение (10):

$$-aA = \epsilon, \quad A = -\frac{\epsilon}{a} \rightarrow z_2 = -\frac{\epsilon}{a}.$$

Общее решение уравнения примет вид:

$$z = c_1 e^{\sqrt{a}t} + c_2 e^{-\sqrt{a}t} - \frac{\epsilon}{a}.$$

Подставляя вместо a и ϵ их выражения, получим общее решение уравнения (7):

$$z(t) = C_1 e^{\sqrt{\frac{\eta P}{v l_3}} t} + C_2 e^{-\sqrt{\frac{\eta P}{v l_3}} t} + \frac{\eta l_3 - 1}{k^*}.$$

Используя начальные условия, определим C_1 и C_2 :

Для этого найдем первую производную от полученного решения:

$$z' = \sqrt{\frac{k^* P}{v \cdot l_3}} \left[C_1 e^{\sqrt{\frac{k^* P}{v l_3}} t} - C_2 e^{-\sqrt{\frac{k^* P}{v l_3}} t} \right].$$

Далее, используя начальные данные, получим:

$$z'(0) = \sqrt{\frac{k^* P}{v \cdot l_3}} [C_1 - C_2] = 0;$$

$$z(0) = [C_1 + C_2] + \frac{\eta \cdot l_3 - 1}{\eta} = 0.$$

Решая совместно данные уравнения, имеем

$$C_1 = C_2 \cdot \quad 2C_1 = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{\eta}$$

или

$$C_1 = C_2 = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{2\eta}.$$

Тогда частное решение с учетом начальных условий примет следующий вид:

$$z(t) = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{2\eta} \left(e^{\sqrt{\frac{\eta P}{v \cdot l_3}} t} + e^{-\sqrt{\frac{\eta P}{v \cdot l_3}} t} - 2 \right). \quad (11)$$

Далее для упрощения вычислений, экспоненты, присутствующие в решении, разложим в ряд Маклорена. Возьмём первые три члена из каждого разложения. В разложении ряда Маклорена, начиная с четвертого члена и далее, являются бесконечно малыми высокого порядка (которые можно не учитывать):

$$e^{\sqrt{a}t} = 1 + \sqrt{a}t + \frac{(\sqrt{a}t)^2}{2} + \dots$$

$$e^{-\sqrt{a}t} = 1 - \sqrt{a}t + \frac{(-\sqrt{a}t)^2}{2} + \dots$$

Далее, суммируя полученные оба разложения, получим:

$$e^{\sqrt{\frac{\eta P}{v \cdot l_3}} t} + e^{-\sqrt{\frac{\eta P}{v \cdot l_3}} t} = 2 + \frac{\eta \cdot P}{v \cdot l_3} + \theta(0), \quad (\theta(0) \approx 0).$$

Решением уравнения (6), удовлетворяющему тем же начальным условиям, является (8), откуда получается зависимость $z(t)$:

$$z(t) = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{2\eta} \left[2 + \frac{\eta \cdot P_c}{v \cdot l_3} - 2 \right] = \frac{(1 - \eta \cdot l_3) P_c}{2v \cdot l_3}. \quad (12)$$

Поставляя (различные) значения для параметров η, l_3, P, v ,

получим длину пути движения забойки $z(t)$.

$$z(t) = \frac{(1 - \eta \cdot l_3) P}{2v \cdot l_3}, \text{ м.}$$

При длине забойки $l_3=5$ м

$$z(t) = \frac{(1 - \eta \cdot l_3) P}{2v \cdot l_3} = \frac{(28,19 \cdot 5 - 1) \cdot 5,9}{2 \cdot 1120 \cdot 5} = 0,0737 \text{ м/с.}$$

При длине забойки $l_3=6$ м

$$z(t) = \frac{(1 - \eta \cdot l_3) P}{2v \cdot l_3} = \frac{(28,19 \cdot 6 - 1) \cdot 5,9}{2 \cdot 1120 \cdot 6} = 0,0738 \text{ м/с.}$$

При длине забойки $l_3=8$ м

$$z(t) = \frac{(1 - \eta \cdot l_3) P}{2v \cdot l_3} = \frac{(28,19 \cdot 8 - 1) \cdot 5,9}{2 \cdot 1120 \cdot 8} = 0,0739 \text{ м/с}$$

Для поглощающей забойки:

$$z = \frac{(1 - \eta \cdot l_3) P}{2v \cdot l_3} = 0,075 \text{ м/с.}$$

Таким образом:

$$z(t) = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{2\eta} \left(e^{\sqrt{\frac{\eta P}{v \cdot l_3}} t} + e^{-\sqrt{\frac{\eta P}{v \cdot l_3}} t} \right) + \frac{\eta \cdot l_3 - 1}{\eta};$$

Из полученного результата находим выражение для параметра t , для того чтобы определить время движения забойки по скважине.

$$\left[z + \frac{1 - \eta \cdot l_3}{\eta} \right] e^{\sqrt{a}t} = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{\eta} \cdot e^{\sqrt{a}t};$$

$$z + \frac{1 - \eta \cdot l_3}{\eta} = \frac{1 - \eta \cdot l_3}{\eta} \cdot e^{\sqrt{a}t};$$

$$e^{\sqrt{a}t} = \frac{z \cdot \eta + 1 - \eta \cdot l_3}{\eta} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - \eta \cdot l_3} = \frac{\eta}{1 - \eta \cdot l_3} \cdot z + 1;$$

$$\frac{\eta \cdot z + 1 - \eta \cdot l_3}{1 - \eta \cdot l_3} = \frac{\eta(z - l_3) + 1}{1 - \eta \cdot l_3};$$

$$\sqrt{a}t = \ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right|;$$

Окончательно получим:

$$t = \sqrt{\frac{v \cdot l_3}{\eta \cdot P}} \cdot \ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right|. \quad (13)$$

Далее используя полученные данные для P и z определим время движения забойки по скважине t_2 :

При длине забойки $l_3=5$ м

$$t_2 = \sqrt{\frac{v \cdot l_3}{\eta \cdot P}} \cdot \ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| = \sqrt{\frac{1120 \cdot 5}{28,19 \cdot 5,9}} \cdot \ln \left| \frac{28,19 \cdot 0,0737}{28,19 \cdot 5 - 1} + 1 \right| = 1,82 \text{ м/с}$$

При длине забойки $l_3=6$ м

$$t_2 = \sqrt{\frac{v \cdot l_3}{\eta \cdot P}} \cdot \ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| = \sqrt{\frac{1120 \cdot 6}{28,19 \cdot 5,9}} \cdot \ln \left| \frac{28,19 \cdot 0,0738}{28,19 \cdot 6 - 1} + 1 \right| = 1,78 \text{ м/с}$$

При длине забойки $l_3=8$ м

$$t_2 = \sqrt{\frac{v \cdot l_3}{\eta \cdot P}} \cdot \ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| = \sqrt{\frac{1120 \cdot 8}{28,19 \cdot 5,9}} \cdot \ln \left| \frac{28,19 \cdot 0,074}{28,19 \cdot 8 - 1} + 1 \right| = 1,68 \text{ м/с}$$

На второй стадии стремление продуктов взрыва расширяться компенсируется сжатием в результате распространения ударной волны от соседнего участка.

$$P_c(t_2) = \frac{v \cdot l_3 \cdot \left(\ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| \right)^2}{t_2}. \quad (14)$$

При длине забойки $l_3=5$ м

$$P_c(t_2) = \frac{v \cdot l_3 \cdot \left(\ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| \right)^2}{t_2} = \frac{1120 \cdot 5 \cdot \left(\ln \left| \frac{28,19 \cdot 0,0737}{1 - 28,19 \cdot 5} + 1 \right| \right)^2}{1,82^2} = 3500 \text{ МПа.}$$

При длине забойки $l_3=6$ м

$$P_c(t_2) = \frac{v \cdot l_3 \cdot \left(\ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| \right)^2}{t_2} = \frac{1120 \cdot 6 \cdot \left(\ln \left| \frac{28,19 \cdot 0,0738}{1 - 28,19 \cdot 6} + 1 \right| \right)^2}{1,78^2} = 3700 \text{ МПа.}$$

При длине забойки $l_3=8$ м

$$P_c(t_2) = \frac{v \cdot l_3 \cdot \left(\ln \left| \frac{\eta \cdot z}{1 - \eta \cdot l_3} + 1 \right| \right)^2}{t_2} = \frac{1120 \cdot 8 \cdot \left(\ln \left| \frac{28,19 \cdot 0,0739}{1 - 28,19 \cdot 8} + 1 \right| \right)^2}{1,68^2} = 6800 \text{ МПа.}$$

Для сплошной забойки:

$$t_2 = \sqrt{\frac{v \cdot l_3}{k^* \cdot P}} \cdot \ln \left| \frac{k^* \cdot z}{1 - k^* \cdot l_3} + 1 \right| \quad (15)$$

$$P_c(t_2) = \frac{v \cdot l_3 \cdot \left(\ln \left| \frac{k^* \cdot z}{1 - k^* \cdot l_3} + 1 \right| \right)^2}{t_2} \quad (16)$$

Таблица 1

Изменение времени движения забойки в скважине в зависимости от длины забойки, мПа

t \ l_3	$l_3=5$ м песчаная забойка	$l_3=5$ м при поглощающей забойке	$l_3=6$ м при поглощающей забойке	$l_3=8$ м при поглощающей забойке
t_1 , мс	21	20	24	32
t_2 , мс	2,5	1,82	1,78	1,68

Таблица 2

Изменение давления продуктов детонации в скважине P_c в зависимости от времени с учетом длины забойки

$P_c(t)$ \ l_3	$l_3=5$ м песчаная забойка	$l_3=5$ м при поглощающей забойке	$l_3=6$ м при поглощающей забойке	$l_3=8$ м при поглощающей забойке
$P_c(t_1)$	12,5	11,27	11,27	11,27
$P_c(t_2)$	4,3	3,5	3,7	6,8

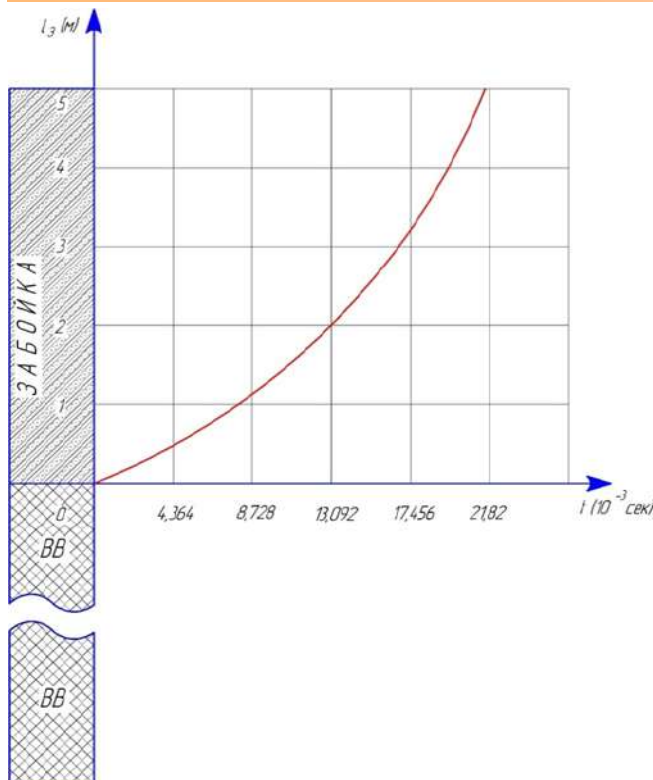


Рис.1. Изменение времени движения поглощающей забойки при ее длине 5 м

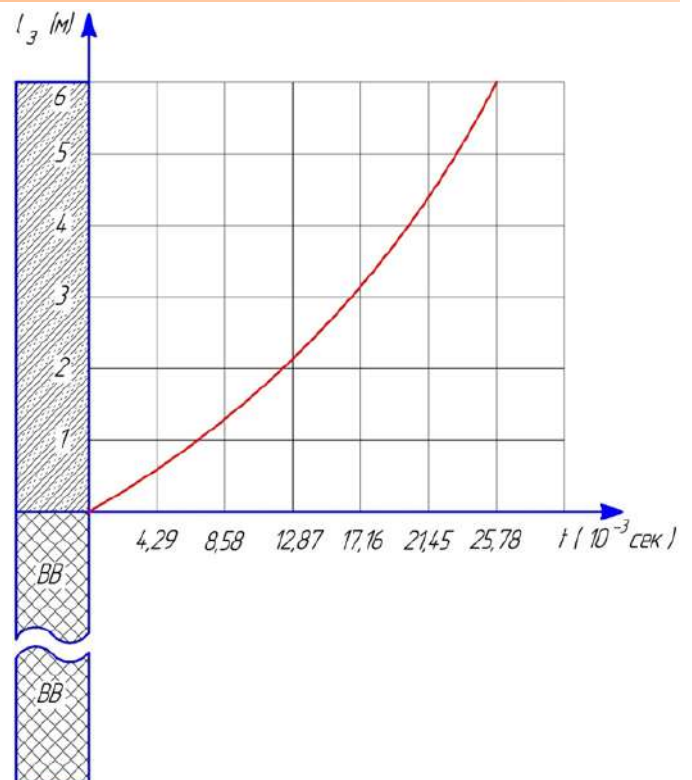


Рис.2. Изменение времени движения поглощающей забойки при ее длине 6 м

$$P_c(t_2) = \frac{v \cdot l_3 \cdot \left(\ln \left| \frac{k^* \cdot z}{1 - k^* \cdot l_3} \right| \right)^2}{t_2} = \frac{1290 \cdot 5 \cdot \left(\ln \left| \frac{1,63 \cdot 0,075}{1 - 1,63 \cdot 5} \right| + 1 \right)^2}{2,5^2} = 4200$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{v \cdot l_3}{k^* \cdot P} \cdot \ln \left| \frac{k^* \cdot z}{1 - k^* \cdot l_3} \right| + 1} = \sqrt{\frac{1290 \cdot 5}{1,63 \cdot 5,9} \cdot \ln \left| \frac{1,63 \cdot 0,075}{1,63 \cdot 5 - 1} \right| + 1} = 2,5 \text{ мс}$$

В табл. 1 приведено изменение времени движения забойки в скважине в зависимости от длины забойки, а в табл. 2 – изменение давления продуктов детонации в скважине P_c в зависимости от времени с учетом длины забойки.

Установлено изменение времени движения поглощающей забойки от ее различной длины, результаты которого представлены на рис. 1-3.

Установлено изменение давления продуктов детонации в скважине P_c в зависимости от времени движения забойки при ее различной длине, результаты которого представлены на рис. 4-6.

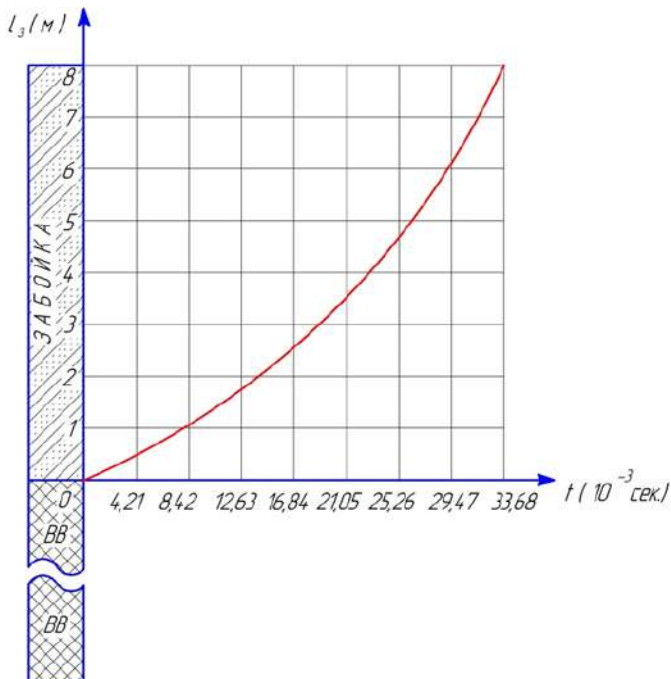


Рис.3. Изменение времени движения поглощающей забойки при ее длине 8 м

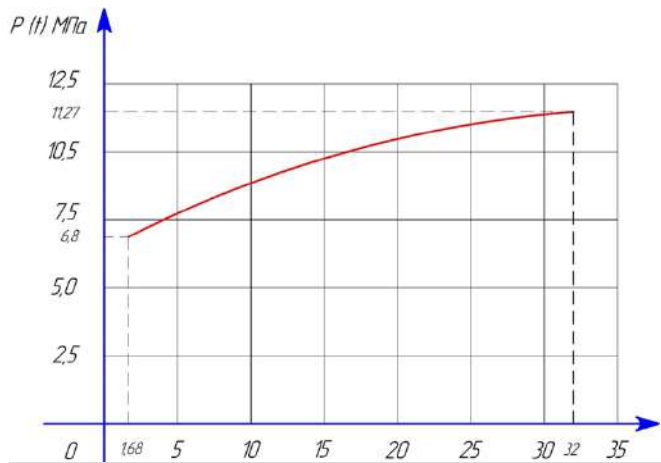


Рис.6. Зависимость изменения давления продуктов детонации в скважине от времени движения забойки при ее длине 8 м

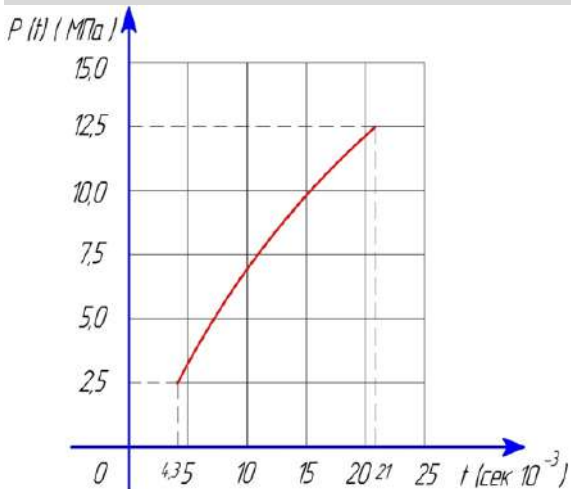
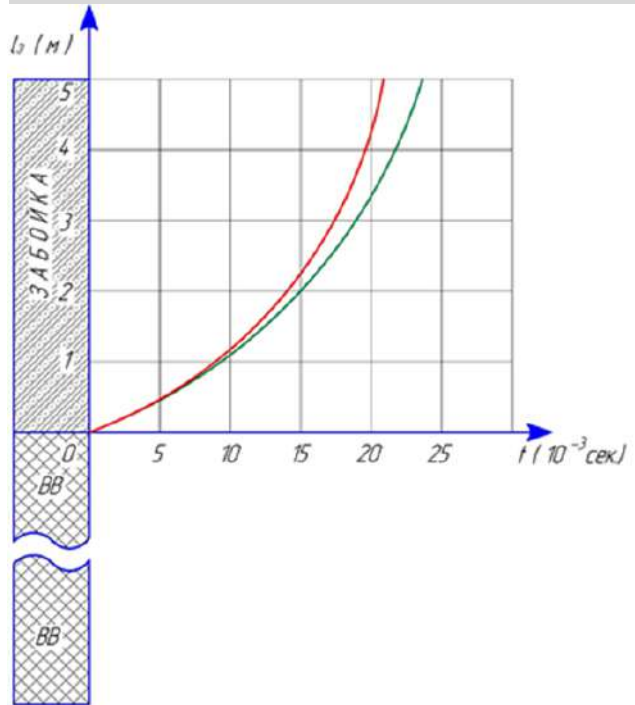


Рис.4. Зависимость изменения давления продуктов детонации в скважине от времени движения забойки при ее длине 5 м



— сплошная забойка из мелкого песка;
 - - забойка из поглощающей смеси

Рис.7. Изменение времени движения различных забоек по каналу скважины в зависимости от их длины

На рис. 7 представлено изменение времени движения различных забоек по каналу скважины в зависимости от их длины, полученного по расчетам формулы (14), который сопоставлен с экспериментальными данными. При этом относительная величина погрешности не превышает 20%.

Установлено, что при увеличении длины забойки, время ее вылета увеличивается. При длине сплошной забойки из мелкого песка 5 м время вылета составляет 23,50 мс, а при длине забойки из поглощающей смеси 5 м время вылета составляет 21,82 мс.

После вылета забойки (при $x \geq l$) начинается процесс свободного истечения продуктов детонации из скважины.

Сравнительный анализ расчетов с экспериментальными данными представлен на рис. 8, в котором приведена зависимость давления P/P_0 в скважине от времени t_3 в сечении №2 при $n_{max}=10$ и $\epsilon=1,25$.

В случае поглощающей и песчаной забоек наблюдается отличие расчета с данными эксперимента не более 25% величины относительной погрешности, что позволяет с достаточной для практики точностью вычислять длительность этапа квазистатического истечения.

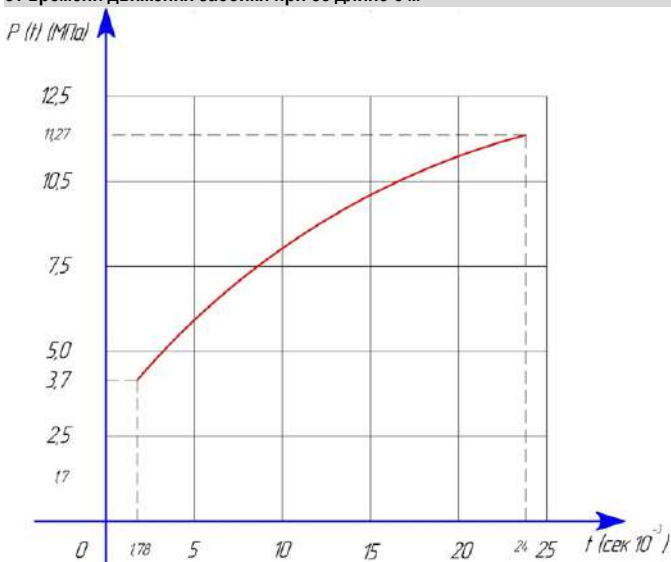


Рис.5. Зависимость изменения давления продуктов детонации в скважине от времени движения забойки при ее длине 6 м

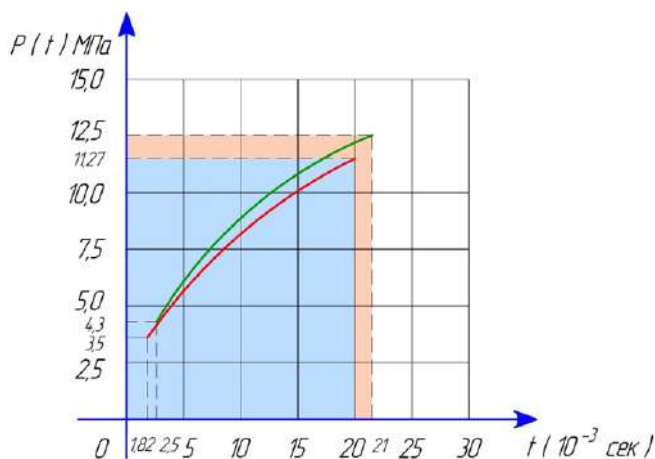


Рис 8. Изменение давления продуктов детонации в скважине в зависимости от времени движения различных забоек по каналу скважины

Существенное отличие расчета забоек из поглощающей смеси и песка объясняется тем, что степень разрыхленности горной породы не оказывает влияния на последующие процессы ее разработки.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что продолжительность каждого из рассмотренных процессов в зависимости от величины давления внутри скважины определяется аналитически с достаточной для практики точностью.

Таким образом, исследовано изменение давления продуктов детонации в скважине с учетом процессов движения забойки из песка и поглощающей смеси различной длины, в результате которого установлено, что при использовании забойки из поглощающей смеси давление продуктов детонации и время вылета ниже по сравнению с забойкой из песка.

Библиографический список:

1. Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж. Разработка способа снижения пылегазовыделений при ведении взрывных работ на карьерах // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №4. – С. 33-34.
2. Мислибаев И.Т., Заиров Ш.Ш., Тухташев А.Б., Норматова М.Ж. Уменьшение пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург. – №2, 2017. – С. 39-43.
3. Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж. Разработка конструкции и параметров скважинных зарядов взрывчатых веществ при контурном взрывании для получения устойчивых откосов уступов // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург. – №2, 2017. – С. 68-76.
4. Заиров Ш.Ш., Шарипов З.С., Норматова М.Ж. Расчет параметров пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2017. – №1. – С. 33-35.
5. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж., Равшанова М.Х. Исследование закономерностей формирования развала и определение оптимальных параметров подпорной стенки при массовых взрывах на карьерах Кызылкумского региона // Горный журнал. Цветные металлы. Специальный выпуск. – Москва, 2017. – С. 76-80.
6. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж. Разработка и промышленное внедрение рациональных параметров взрывания в зажатой среде на карьерах Кызылкумского региона // Материалы 12-ой Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики на тему: «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». – Том 1. – Тула - Минск – Донецк, 2-3 ноября 2016 г. – С. 66-71.
7. Заиров Ш.Ш., Тухташев А.Б., Норматова М.Ж., Рустамов О.И. Исследование влияния забойки скважинного заряда на эффективность разрушения и пылеподавления // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 41-42.
8. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж. Карьерларда ялли портлатиш олиб борилганда ёйилманинг шаклланиш қонуниятлари ва тиралма деворининг оптимал параметрларини аниқлаш // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 45-46.
9. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж., Хайдаров О.Б. Способ повышения эффективности пылеподавления и полезного действия энергии взрывчатых веществ // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – 54 с.
10. Заиров Ш.Ш., Норматова М.Ж., Таджиев Ш.Т., Нуриддинов Ф.А. Уменьшение пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – 23 с.
11. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1991. – 448 с.
12. Русаков В.Л. Разработка способа проходки восстающих выработок увеличенными заходками взрывом скважинных зарядов // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГИ, 1989.

RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELING OF STOPPING PARAMETERS IN BOREHOLE EXPLOSIVE CHARGES

¹Zairov S.Sh., Professor, Department of Mining, Doctor of Technical Sciences, sher-z@mail.ru

¹Khudaiberdiyev O.Zh., Art. teacher Department of Higher Mathematics and Information Technology

¹Normatova M.Zh., Deputy Dean of the Faculty of Mining

²Nomdorov R.U., Assistant, Department of Mining and Geodesy

¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

²Karshi Engineering and Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract:

The change in the pressure of the detonation products in the well was studied taking into account the processes of movement of the bottom hole from sand and the absorbing mixture of various lengths, which established that when using the bottom hole from the absorption mixture, the pressure of the detonation products and the time of departure are lower compared to the bottom hole from sand.

Keywords: explosive, stemming, movement process, pressure of detonation products in the well, stemming from sand, stemming from the absorbing mixture, time of departure of stemming.

References

1. Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh. Development of a method for reducing dust and gas emissions during blasting operations in open pits // Mountain Herald of Uzbekistan. — Navoi, 2016. — No. 4. — pp. 33-34.
2. Mislibaev I.T., Zairov S.Sh., Tukhtashev A.B., Normatova M.Zh. Reducing dust and gas pollution of the atmosphere during the production of mass explosions in quarries // News of universities. Mountain Journal. — Yekaterinburg. — No. 2, 2017. — pp. 39-43.
3. Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh. Development of the design and parameters of borehole charges of explosives during blasting to obtain stable slopes of the ledges // News of universities. Mountain Journal. — Yekaterinburg. — No. 2, 2017. — pp. 68-76.
4. Zairov Sh.S., Sharipov Z.S., Normatova M.Zh. Calculation of the parameters of dust and gas pollution of the atmosphere during the production of mass explosions in quarries // Mountain Herald of Uzbekistan. — Navoi, 2017. — No. 1. — pp. 33-35.
5. Norov Yu.D., Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh., Ravshanova M.Kh. Investigation of the patterns of collapse formation and determination of the optimal parameters of the retaining wall during mass explosions in the quarries of the Kyzylkum region // Mountain Journal. Non-ferrous metals. Special issue. — Moscow, 2017. — pp. 76-80.
6. Norov Yu.D., Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh. Development and industrial implementation of rational parameters for blasting in a jammed environment in the quarries of the Kyzylkum region // Materials of the 12th International Conference on Mining, Construction and Energy on the topic: "Socio-economic and environmental problems of mining, construction and energy". — Volume 1. — Tula - Minsk - Donetsk, November 2-3, 2016. — pp. 66-71.
7. Zairov Sh.Sh., Tukhtashev A.B., Normatova M.Zh., Rustamov O.I. Investigation of the effect of stemming a borehole charge on the efficiency of destruction and dust suppression // Materials of the Republican scientific and technical conference on the theme: "Mining and metallurgical complex: achievements, problems and prospects of innovative development". — Navoi, November 15-16, 2016. — pp. 41-42.
8. Norov Yu.D., Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh. Kar'rlarda yalpi portlatish olib borilganda yoyilmaning shakllanish qonuniyatlari va tiralma devorining optimal parametrlarini aniqlash // Materials of the Republican scientific and technical conference on the theme: "Mining and metallurgical complex: achievements, problems and prospects for innovative development". — Navoi, November 15-16, 2016. — pp. 45-46.
9. Norov Yu.D., Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh., Khaidarov O.B. A way to increase the efficiency of dust suppression and the beneficial effect of explosive energy // Materials of the Republican scientific and technical conference on the theme: "Mining and metallurgical complex: achievements, problems and prospects of innovative development". — Navoi, November 15-16, 2016. — pp. 54.
10. Zairov Sh.Sh., Normatova M.Zh., Tajiev Sh.T., Nuriddinov F.A. Reducing dust and gas pollution of the atmosphere during the production of mass explosions in quarries // Materials of the IX International Scientific and Technical Conference on the theme: "Achievements, problems and current trends in the development of the mining and metallurgical complex". — Navoi, June 12-14, 2017. — pp. 23.
11. Sedov L.I. Similarity and dimension methods in mechanics. — M.: Nauka, 1991. — 448 p.
12. Rusakov V.L. Development of a method for driving uprising workings by increased approaches by explosion of borehole charges // Abstract. dis. ... cand. tech. sciences. — M.: MMI, 1989.

СТАНОК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ

НФ-1200



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



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗОНЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ВЗРЫВЕ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Kon massivi mustaxkamligi bo'shshagan zonalar radiusi aniqlandi va chuqur kon mas-sivida portlovchi moddalar quduqli zaryadini portlatishda tog' jinslarini parchalash mexaniz-mi o'rganildi, portlatishni rivojlantirish etaplari tadqiq qilindi.

Tayanch iboralar: tog' jinslari, portlovchi modda quduqli zaryadi, kamuflet bo'shlig'i, portlashning rivojlanish davri, tog' jinslari mustaxkamligi yumshagan zona, qisqa qarshilik liniyasi, kuchlanish to'lqini, sirt-faol modda.

Исследованы этапы развития взрыва, изучен механизм разрушения горных пород при взрыве скважинных зарядов взрывчатых веществ (ВВ) в глубине горного массива и определен радиус зоны ослабления прочности горного массива.

Ключевые слова: горные породы, скважинный заряд взрывчатых веществ, камуфлетная полость, этапы развития взрыва, зона ослабления прочности горных пород, линия наименьшего сопротивления, волна напряжений, поверхностно-активное вещество.

Норов Ю.Д.,
профессор кафедры
«Горное дело» НГГИ, д.т.н.



Тошев О.Э.,
докторант Навоийского
государственного горного
института



Разрушение массива скальных горных пород взрывом скважинных зарядов ВВ в соответствии с работами [1, 2] схематически можно разделить на три стадии (рис. 1).

На первой стадии мощная волна сжатия, образованная при взрыве скважинного заряда разрушает породу на контакте «заряд – среда», от границы зоны раздавливания распространяется зона радиальных трещин. Процесс вначале мало отличается от явления, сопровождающего взрыв в безграничной среде, но взаимодействие волны сжатия со свободной поверхностью приводит к более интенсивному дроблению горных пород в ее окрестности и теле массива. Эта стадия кратковременная, но за это время расходуется большая часть энергии ВВ. В течение этой стадии осуществляется основное разрушение взрывающей породы и камуфлетная полость цилиндрической формы достигает предельного объема.

На второй стадии вследствие слияния свободной поверхности нарушается ассиметрическое развитие полости, газообразные продукты взрыва скважинного заряда ВВ сообщают разрушенной породе ускоренное движение в сторону свободной поверхности. Хотя скорости, приобретенные частицами в конце волны сжатия и растяжения, имеют важное значение, главным определяющим фактором на этой стадии является действие оставшейся в полости продуктов взрыва.

Третья стадия – инерциальный разлет породы в поле силы тяжести, образование развала взорванной породы.

Такая схематизация разрушения и движения среды способствует преодолению трудностей, возникающих при моделировании действия взрыва на массив, так как обычно представляется возможным соблюдение подобия лишь отдельных процессов, сопровождающих взрыв [3]. Она также позволяет применить различные методы, учитывать различ-

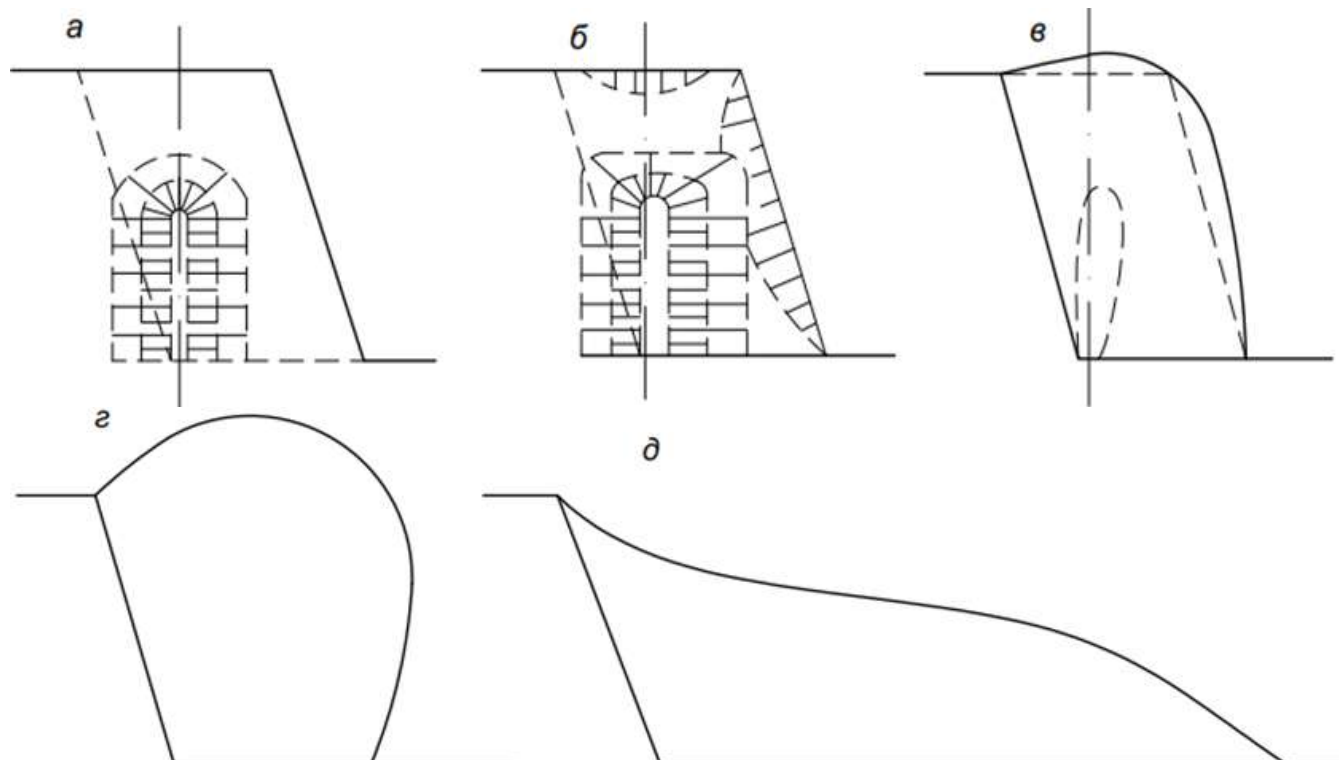


Рис. 1. Этапы развития взрыва скважинных зарядов ВВ на уступе: начало (а) и конец (б) первой стадии; начало (в) и конец (г) второй стадии; начало (д) и конец (е) третьей стадии

$$U = A \left(\sqrt[3]{Q} / R_{oc1} \right)^m, \quad (3)$$

где A – коэффициент, зависящий от условия взрывания, принимается 200-250; Q – масса заряда ВВ, кг; R_{oc1} – расстояние от центра заряда до рассматриваемой точки, м; m – коэффициент поглощения энергии для цилиндрического заряда ВВ, $m=2$ [4].

Подставляя в уравнение (3) значение $Q = 2\pi R_0^3$, имеем:

$$U = 3.54 \left(\frac{R_0}{R_{oc1}} \right)^n. \quad (4)$$

Решив уравнение (4) относительно R и поставив значения U , s_{oc} , получим следующую формулу:

$$R_{oc1} = R_0 \sqrt[3]{\frac{3.5 A \rho C_p \mu}{\sigma_{pac} (1 - \mu)}}, \quad (5)$$

Максимальный радиус зоны ослабления в глубине горного массива

окончательно определяется из условия $\sigma_{pac} = [\sigma_p]$:

$$R_{oc1} = R_0 \sqrt[3]{\frac{3.5 A \rho C_p \mu}{[\sigma_p] \cdot (1 - \mu)}}, \quad (6)$$

Приравняв формулу расчёта радиуса зоны ослабления прочности в глубине горного массива, получена формула расчёта изменения соотношения удельных расходов раствора поверхностно-активных веществ (ПАВ) и промышленных ВВ:

$$\frac{q_{пав}}{q_{вв}} = \frac{\sqrt{A \rho C_p \mu} (n + 60) R_0}{3.04 \sqrt{[\sigma_{pac}] \cdot (1 - \mu)} (60 - 142.85 (1 - \delta'_p / \delta_p) + n) \cdot k \cdot \bar{r}_z}, \quad (7)$$

где k – коэффициент, учитывающий взрываемость горных пород (для средневзрываемых горных пород $k=130$, трудновзрываемых – $k=140$, весьма трудновзрываемых – $k=150$); $q_{пав}$, $q_{вв}$ – соответственно, удельный расход раствора ПАВ и промышленных ВВ; n – количество

взрываемых скважинных зарядов; $\bar{r}_z = l \cdot R_0$ – приведенное расстояние от радиуса заряда ВВ; l – расстояние от центра заряда до рассматриваемой точки в глубине горного массива, м⁻¹.

Подставляя приведенное расстояние от радиуса заряда в формулу (7), получена окончательная формула расчёта изменения соотношения удельных расходов раствора ПАВ и промышленных ВВ:

$$\frac{q_{пав}}{q_{вв}} = \frac{\sqrt{A \rho C_p \mu} (n + 60)}{3.04 \sqrt{[\sigma_{pac}] \cdot (1 - \mu)} (60 - 142.85 (1 - \delta'_p / \delta_p) + n) \cdot l} \quad (8)$$

Таким образом, на основе использования законов теории упругости определен радиус зоны ослабления прочности горного массива, зависящий от соотношения удельных расходов раствора ПАВ и промышленных ВВ, числа и радиуса скважинных зарядов ВВ, коэффициента, зависящего от условия взрывания и акустической жесткости, коэффициента Пуассона и категории горных пород по степени их взрываемости.

Библиографический список:

1. Ракишев Б.Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах. – Алматы: «Наука», 1983. – 240 с.
2. Адушкин В.В., Сухотин А.И. О разрушении твердой среды взрывом. – М.: ПТМФ, 1961. – №4. – С. 94-102.
3. Комир В.М. и др. Моделирование разрушающего действия взрыва в горных породах. – М., 1973. – 215 с.
4. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. – М.: Недра, 1976. – 211 с.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 74-76

THEORETICAL RESEARCHES OF THE RELAXATION WEB WEAR ZONE DURING THE EXPLOSION OF BOREHOLE CHARGES OF EXPLOSIVES

¹Norov Yu.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Mining

¹Toshev O.E., doctoral student, bek_76@bk.ru.

¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The stages of the development of the explosion are investigated, the mechanism of rock destruction during the explosion of borehole explosive charges in the depths of the rock mass is studied, and the radius of the rock mass weakening zone is determined.

Keywords: rocks, borehole explosive charge, camouflage cavity, stages of explosion development, zone of weakening rock strength, line of least resistance, stress wave, surfactant.

References

1. Rakishev B.R. Prediction of the technological parameters of blasted rocks in quarries. - Almaty: "Science", 1983. - 240 p.
2. Adushkin V.V., Sukhotin A.I. On the destruction of a solid medium by an explosion. - M.: PTMF, 1961. - No. 4. - pp. 94-102.
3. Komir V.M. and others. Simulation of the destructive effect of an explosion in rocks. - M., 1973. - 215 p.
4. Mosinets V.N. The crushing and seismic effect of an explosion in rocks. - M.: Nedra, 1976. -- 211 p.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Maqoloda to'xtatilgan modeldagi bazaviy asosda shuningdek, jejslarini maidaluvchi sifatida asboslarni kompyuterga ishlatishta kompyuter dizayniga o'tish Optimallashtirish vazifalarini burgulash dolotalaring geometrik parametrlari bo'yicha matematik matematik bog'liklikka egaligini to'g'ri qabul qilish uchun tavsiya etilgan yo'naltirish taklif etiladi. Integratsiyalashgan dasturlarni integratsiyalashgan integratsiyalashuvi lashuvi yangi dizaynlarni tez va samarali ishlatishta yaxshilanadi. Natizhada, tanlangan o'lkamdagi g'ozhinslarini maidalovchi sifatida asboksing umumiy o'yin optimallashtirdi.

Tayanch iboralar: burg'ulash, burg'ulash biti, energiya sarfi, quduq, bez shakllanishi, qo'llab-quvvatlash muhrlanishi.

В статье рассматривается применение систем автоматизированного проектирования при разработке породоразрушающих инструментов на основе детерминированного моделирования. Приводится решение оптимизационных задач на стадии проектирования, учитывая, что объекты проектирования находятся в математической зависимости от геометрических параметров бурового инструмента. Показана, что интеграция пакетов программного обеспечения, используемых для проектирования долот, может способствовать исследованию новых конструкций и обеспечивать быстрое и эффективное создание породоразрушающих инструментов. В результате, реализована оптимизация обобщенного критерия для выбранного типоразмера породоразрушающего инструмента-долота.

Ключевые слова: бурение, буровое долото, затраты энергии, скважина, сальникообразование, герметизация опор.

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



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



Каримов М. И.,
магистрант ТашГТУ им. Ислама Каримова



Как показывает практика, создание инструмента, оборудования и материалов напрямую связаны между собой, однако есть возможность выделить основные вехи в развитии упомянутых элементов буровой технологии.

Развитие породоразрушающих инструментов приходится на следующие основные периоды времени.

1909 г. – создание шарошечного долота (США, инженер Хьюз). Это механизм, который вращательное движение корпуса долота преобразует в ударное воздействие на забой рабочих элементов (зубьев шарошек) с высокой частотой, что являлось принципиально новым решением.

20-е годы XX в. – создание кольцевых буровых коронок, армированных твердосплавными режущими элементами.

40-е годы XX в. – создание мелко-алмазных буровых коронок и долот. Это особый инструмент, его рабочая часть – мягкая металло-керамическая матрица, в которой запрессованы мелкие кристаллы алмазов, способная разрушать самые твердые породы.

Что касается породоразрушающего инструмента, то, несмотря на постоянное его совершенствование, технические решения его основных типов принципиальным изменениям не подвергались.

Решению поставленной в настоящее время задачи повышения эффективности бурения скважин, освоения минеральных ресурсов невозможно без интенсификации процесса бурения.

Кроме того, в настоящее время бурение применяется и для проходки шурфов, шахтных стволов, а также вентиляционных и транспортных каналов на рудниках и шахтах.

Само собой разумеется, что с дальнейшим развитием человеческой цивилизации и увеличением потребности в минеральном сырье, все большую значимость приобретает развитие технологии бурения – этого важнейшего способа проникновения людей в глубину земных недр, способа эффективного, сберегающего ресурсы, позволяющего сохранить окружающую природу.

Использование компьютерного моделирования и построение данных при проектировании высококачественных и высокопроизводительных буровых долот способствует нормальному выполнению буровых процессов.

Интеграция пакетов программного обеспечения, используемых для проектирования долот, позволяет проводить исследование новых конструкций и обеспечивает быстрый и эффективный способ надежного создания породоразрушающих инструментов. Эта система гарантирует получение данных, разработанных на этапе проектирования, усовершенствовать 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. Основными программными компонентами интегрированного процесса проектирования являются такие программы, как Компас, AutoCAD, Solid works, Catia, ANSYS и прочие, каждая из которых помогает реализовать конструктивные и рабочие характеристики долота, а также связанные с этим компромиссные решения для оптимизации породоразрушающих инструментов (рис.1).

Существует два типа инженерных разработок, которые представляют собой прямую разработку и реверсивное проектирование. Прямая разработка – это традиционный процесс машиностроения, где развитие таких изобретений происходит от критического мышления, создания логического дизайна до реализации, включая производство. Реверсивное проектирование представляет собой процесс воспроизведения существующей части для анализа дизайна и изменения дизайна для улучшения его функции, изменения его размера и дизайна для эстетической ценности или воспроизведения объекта, который специально создан для продукта, используемым другими. Реверсивное проектирование обычно начинается с измерения или сканирования существующего объекта, чтобы можно было получить твердую модель, используя преимущества технологий CAD / CAM / CAE [1].

В качестве технологии на сегодняшний день также используют так называемую инженерную разработку как проектирование на детерминированной основе, то есть на основе заранее известных показателей, определяющих геометрию бурового инструмента. Вопросы оптимизации как геометрических параметров буровых породоразрушающих инструментов, так и технологических параметров процесса бурения скважин самых различных типоразмеров можно решить на детермини-

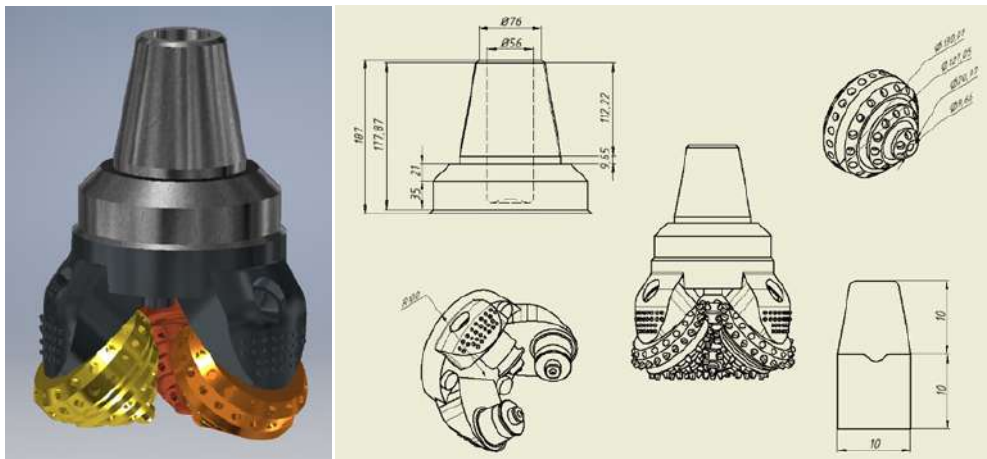


Рис.1. Модель и чертеж трехшарошечного долота спроектированный в программном пакете Autodesk Inventor

рованной основе. Разработка и моделирование новых типов высокоэффективных породоразрушающих буровых инструментов является актуальной задачей для повышения экономики предприятий.

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. Применение САПР в моделировании новых типов высокоэффективных породоразрушающих инструментов повышает их производительность в разы и предоставляет возможность экономического роста.

Научные исследования по производству и проектированию породоразрушающих инструментов ведутся в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира. В результате исследований по совершенствованию конструкции и проектирования породоразрушающих инструментов, проведенных в мире, получены ряд научных результатов, в том числе: разработана методика систем автоматизированного проектирования буровых долот (Security DBS, Varel, ОАО «Волгабурмаш», Smith, Rock Bit, Hejian Ouman Mining Bits Co., Ltd) [2].

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

В большинстве случаев, конструкторы буровых долот улучшают некоторые конструктивные параметры, чтобы получить желаемые характеристики бурения. Существуют три основных параметра конструкции, влияющие на производительность долота PDC [3]. Параметры:

1. Геометрия режущей кромки;
2. Количество лопастей;
3. Диаметр режущего инструмента.

Системы автоматизированного проектирования (CAD) с использованием детерминированного моделирования при разработке породоразрушающего инструмента предоставляют ряд преимуществ для представления общей картины процесса динамики породоразрушающих буровых инструментов.

Применения комплексных методов теоретических, лабораторных и экспериментальных исследований, включающих: напряженные и деформированные состояния горных пород и рабочих органов породоразрушающих инструментов при их взаимодействии в условиях имитирующего забоя скважины и определение кинетических закономерностей их контакта и параметров внедрения в породу забоя скважины; сравнительные производственные испытания опытных долот с серийными шарошечными долотами в натурных условиях на основе методов математической статистики и корреляционного анализа с использованием компьютерной техники. Детерминированное моде-

лирование процесса динамики породоразрушающих буровых инструментов в условиях, близких к реальным, т.е. с учетом взаимодействия породоразрушающих элементов с реальной по форме поверхности забоя скважины с учетом динамики промывочных струй в области забоя скважины и с учетом напряженного состояния элементов шарошечного типа в реальной конструкции бурового долота даёт нам возможность руководствоваться методологией проектирования, изготовления и эксплуатация буровых долот в реальных горно-технологических условиях. Эффективность таких исследований определ-

ится теоретической и практической потребностью разработки и эксплуатации более эффективных буровых долот в самых разных условиях и при наличии путей оптимизации их отработки в реальных условиях.

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 [5].

Устанавливая критерии оценки работоспособности буровых инструментов в процессе разрушения горных пород, зависящих от геометрических параметров породоразрушающих буровых инструментов, на детерминированной основе разработана динамическая модель поведения буровых долот на поверхности забоя скважины.

Следовательно, первоочередной задачей является установление физической основы для предсказания результатов бурения, после чего можно будет рассматривать и проблему стоимости бурения скважин.

Как уже сказано, что основным критерием при бурении является экономический критерий и в аналитической форме он представляется в виде:

$$C = \frac{\Delta C(T_1 + T_2 + T_3) + C_0}{H}, \quad (1)$$

где C – стоимость проходки долотом, сум;

ΔC – стоимость 1 часа работы долота, сум;

T_1, T_2 и T_3 – время подготовительных операций, время спуско-подъемных операций и время реального процесса бурения, соответственно, час;

C_0 – стоимость бурового долота, сум;

H – проходка на одно долото, м.

Очевидно, что в этой формуле все аргументы являются нормированными, т.е. известными заранее, кроме двух параметров – это T_3 и H , которые, соответственно, находятся в прямой и обратной зависимости от основного критерия C .

Указанные выше два параметра необходимо смоделировать математически: тогда представленная формула будет служить критерием, по которому можно будет уже на стадии проектирования ожидать положительный эффект. Но для этого необходимо было построить детерминированную математическую модель, которая однозначно и объективно определяет величину стоимостного критерия.

Первой и основной задачей здесь является построение прогнозных показателей в форме T_3 и H как функции от динамики вооружения шарошки.

Вышеприведенное является первой и основной задачей, так как построение этих параметров в форме T_3 и H связано с трудоемкой в математическом плане задачей. И более того, вычисление этих параметров в силу их сложности невозможно достаточно точно и оперативно вычислить без компьютерной техники.

Эти аргументы в конечной форме выглядят в следующем виде

$$T_3 \sim \frac{1}{A_{\max}}, \quad (2)$$

$$H \sim \frac{1}{A'_{\max}} A''_{\min}, \quad (3)$$

где A'_{\max} – максимальная относительная удельная контактная работа разрушения;

A''_{\min} – минимальная относительная удельная объемная работа разрушения.

Тогда основной экономический критерий оценки эффективности вооружения шарошечного долота в общем виде будет иметь следующую форму:

$$C \sim \frac{\Delta C \left(T_1 + T_2 + \frac{1}{A'_{\max}} \right) + C_0 + C_{\text{ж}}}{\frac{1}{A'_{\max}} A''_{\min}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{ж}}$ – стоимость подаваемой жидкости для промывки забоя от шлама, сум.

В этом случае экономический критерий построен на детерминированной основе, т.е. на основе заранее известных показателей, опреде-

ляющих геометрию бурового инструмента. И вот почему, имея такие показатели, можно решать оптимизационные задачи ещё на стадии проектирования, поскольку они находятся в явной математической зависимости от геометрических параметров бурового инструмента.

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

Путем анализа теоретических и экспериментальных методов исследования динамики буровых породоразрушающих инструментов к настоящему времени нет пока всеобъемлющего метода построения обобщенного критерия оценки эффективности процесса бурения на детерминированной основе, кроме частного случая с использованием относительных удельных контактных и объемных работ разрушения.

Следовательно, первоочередной задачей является установление физической основы для предсказания результатов бурения, после чего можно будет рассматривать и проблему стоимости бурения скважин.

Библиографический список:

1. Varady T., Martin R.R., & Cox J. *Reverse Engineering of Geometric Models. An Introduction to Computer Aided Design*, 29(4), 1997. pp. 255-268.
2. Шеметов П.А., Норов Ю.Д., Тошов Ж.Б. *Повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах: Монография.* – Ташкент: Фан, 2009. 160 с.
3. Kerr C. J. *PDC Drill Bit Design and Field Application Evolution // Journal of Petroleum Technology*, 1998. 43 p.
4. Steklyanov B.L., Steinert V.A., Toshov J.B. *Questions of deterministic modeling of drill bits' dynamics on the bottom hole // European Applied Sciences.* – Germany, 2013. №4. pp. 154-158.
5. Бронников И.Д., Нахангоев Х.Н., Тошов Ж.Б. *Критерии оценки работоспособности одношарошечных буровых долот // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник».* – Москва, 2016. № 2. С.24–27.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 77-79

INFLUENCE OF THERMAL TREATMENT ON STRUCTURE OF WEAR-RESISTANT CAST IRON

¹Toshov Zh.B., Dean of the Faculty of Energy, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, javokhir.toshov@yandex.ru

¹Toshniyozov L.G., PhD PhD student, toshniyozovl@gmail.com

¹Karimov M.I., undergraduate, maruf.kakarimov.1991@bk_ru,

¹Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article discusses the use of computer-aided design systems in the development of rock-cutting tools based on deterministic modeling. The solution of optimization problems at the design stage is given, providing that the objects of design are in mathematical dependence on the geometric parameters of the drilling tool. It is shown that the integration of software packages used to design bits, can contribute to the study of new structures and to ensure the rapid and effective creation of rock-cutting tools. As a result, optimization of the generalized criterion for the selected size of the rock-cutting tool-bit was implemented.

Key words: drilling, drill bit, energy consumption, well, gland formation, support sealing.

References

1. Varady T., Martin R.R., & Cox J. *Reverse Engineering of Geometric Models. An Introduction to Computer Aided Design*, 29(4), 1997. pp. 255-268.
2. Shemetov P.A., Norov YU.D., Toshov ZH.B. *Povysheniye effektivnosti bureniya vzryvnykh skvazhin na kar'yerakh: Monografiya.* – Tashkent: Fan, 2009. .160 p.
3. Kerr C. J. *PDC Drill Bit Design and Field Application Evolution // Journal of Petroleum Technology*, 1998. 43 p.
4. Steklyanov B.L., Steinert V.A., Toshov J.B. *Questions of deterministic modeling of drill bits' dynamics on the bottom hole // European Applied Sciences.* – Germany, 2013. №4. pp. 154-158.
5. Bronnikov I.D., Nakhangov KH.N., Toshov ZH.B. *Kriterii otsenki rabotosposobnosti odnosharoshechnykh burovyykh dolot // Nauchno-tehnicheskii zhurnal «Inzhener-nefyanik».* – Moskva, 2016. № 2. pp.24–27.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОДНОКОВШОВЫХ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА СЛОЖНО-СТРУКТУРНЫХ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ



Мислибоев И.Т.,
декан «Горного» факультета,
НГГИ, д.т.н.
профессор



Махмудов А.М.,
зав. кафедрой «Горная электротехника»,
НГГИ, к.т.н.,
доцент



Махмудов Ш.А.,
докторант НГГИ

Maqolada qiyin strukturali chuqur kar'arlarda qo'llaniladigan uzlukli harkat qiluvchi bir cho'michli ekskavatorlarning ekspluatatsion ko'rsatkichlariga va unumdorligiga ta'sir etuvchi omillar ko'rib chiqilgan. Kon massasini qazib olish va qo'llaniladigan ekskavatorning turini tanlashda ta'sir etadigan omillar quruhlariga bo'lib chiqilgan: tabiiy omillar; konstruktiv-ekspluatatsion omillar; kontexnik omillar; kon texnologik omillar; tashkiliy va iqtisodiy omillar. Ishda mexanik va gidravlik ekskavatorlarning qo'llanilishini aniqlash, hamda turli shart-sharoitlarda cho'mich sig'imini pog'ona balandligiga mos ravishda tog' jinslari qattiqligi, portlatib maydalangan tog' jinsi bo'lakligi va maydaanish koeffitsientiga mos keladigan olchamlarini belgilash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Tayanch iboralar: kar'yer, tog' jinsi, massiv, kovjoy, maydalanganlik, iqlim sharoiti, ekskavatsiyaga qarshilik koeffitsienti, qattqlik, bo'laklik, maydalanish koeffitsienti, unumdorlik, ekskavator.

В настоящей работе рассматриваются вопросы влияния различных условий работы на производительность и на эксплуатационные показатели одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах, а также выемка горной массы и вида применяемого карьерного экскаватора с учетом, разделения факторов влияющих на работу его на следующие группы с условиями: определяемые природными факторами; определяемые конструктивно-эксплуатационными факторами карьерных экскаваторов; определяемые горнотехнические, горно-технологическими, организационными, экономическими факторами карьеров. Приведены результаты исследований по определению преимущественной области применения механических и гидравлических экскаваторов, а также по установлению рекомендуемой вместимости ковшей экскаваторов для различных условий работы: от коэффициента крепости породы, от кусковатости разрыхленных взрывом скальных горных пород и от коэффициента разрыхления породы при различной высоте уступа.

Ключевые слова: карьер, порода, массив, забой, кусковатость, разрыхленность, климатические условия, коэффициент сопротивления экскавации, крепость, коэффициент разрыхления, производительность, экскаватор.

Большое разнообразие горнотехнических условий разработки рудных месторождений Узбекистана определяет необходимость применения различного по типу и назначению выемочно-погрузочного оборудования, так как все месторождения характеризуются значительным разнообразием по генетике, вещественному и минералогическому составу, текстурно-структурным характеристикам, структурно-прочностным показателям пород [1]. На рудниках Навоийского горно-металлургического комбината в настоящее время находится в эксплуатации более 100 карьерных экскаваторов типа ЭКГ-5А; ЭКГ-8И; ЭКГ-10; ЭКГ-12,5; ЭКГ-15Т; ЭКГ-20К, HitachiEX-1200-6, EX-3600, O3KRH-40E, RH-200и др.

В Узбекистане исходя из причинно-следственной связи между горно-геологическими, производственными, климатическими условиями выемки горной массы, и видом применяемого карьерного экскаватора, факторы, установление значений которых является актуальной научно-практической задачей и их можно разделить на следующие группы с условиями: определяемые природными факторами; определяемые конструктивно-эксплуатационными факторами карьерных экскаваторов; определяемые горнотехнические, горно-технологическими, организационными, экономическими факторами карьеров.

Целью настоящей работы является исследование вопросов влияния различных условий работы на производительность и на эксплуатационные показатели одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах. Объектом исследования рассмотрены одноковшовые экскаваторы, эксплуатируемые на участках со сложным строением массива и при

этом в качестве предмета исследований принимались производительность, длительность черпания (Тч), коэффициент наполнения ковша (Кн) и увеличение безопасной высоты разрабатываемого забоя (Нз).

Исследованиями установлено, что с увеличением глубины отработки карьера увеличивается доля крепких трудно разрабатываемых горных пород от 10-22% при глубины карьера 100-150 м и до 48%-53% при глубины 600-650 м [5,6].

Горно-технологические оборудования карьеров в Узбекистане эксплуатируются в различных сухих резко континентальных климатических условиях, как в экстремально-холодных климатических условиях, так и экстремально-высоких. Из климатических условий следует назвать влияние жаркого климата и резких изменений температуры - зимой -200°С, летом +420°С, днем +400°С, ночью +8+100°С. Эксплуатация карьерной техники в этих различных температурных условиях влечет частый выход из строя оборудования и, вызванные необходимостью его восстановления, дополнительные финансовые затраты. Это существенно влияет на рентабельность добычи полезного ископаемого и является весомой проблемой для горнодобывающих предприятий, так как в среднем каждый день незапланированный простой техники, связанный с аварийным отказом, обходится горнодобывающему предприятию в больших размерах в денежном выражении.

При этом установлено что, климатические условия Кызылкумского региона играют существенную роль при ведении горных работ, так производительность экскаваторов при эксплуатации в температурных режимах от минус 20°С до плюс 50°С отличается в 1,6-2,0 раза.

Произведенной нами анализ научных работ по определению влияния конструктивно-эксплуатационными факторов на эффективность использования карьерных экскаваторов, а также опыта крупнейших горных предприятий Узбекистана при разработке месторождений различных полезных ископаемых позволили определить преимущественные области применения механических и гидравлических экскаваторов. Механические лопаты вместимостью ковша до 10 м³ и гидравлические экскаваторы эффективно применяются при разработке малых месторождений производственной мощностью до 5 млн. м³ в год при высоте уступа до 10 м., гидравлические, а также, если затруднено или отсутствует электроснабжение. На крупных месторождениях при ведении вскрышных работ и валовой выемке полезного ископаемого при высоте уступа более 10 м. применяются механические лопаты вместимостью ковша более 10 м³. При селективной выемке полезных ископаемых предпочтительнее отдают гидравлическим экскаваторам. Разработка средних месторождений характеризуется использованием обоих типов экскаваторов вместимостью ковша до 10 м³. В установленных областях применения нашли свое отражение главные преимущества экскаваторов: механических - работа в тяжелом режиме, низкие эксплуатационные затраты, высокая надежность, работа на более высоких уступах, работа с меньшим текущим коэффициентом вскрыши за счет формирования рабочего борта с повышенным углом откоса; гидравлических - автономность, маневренность, мобильность, низкие капитальные затраты с более коротким сроком окупаемости, наличие у рабочего органа дополнительной степени свободы, оказание сервисных услуг фирмами и др.

Оценку определяемую горнотехническими и горно-технологическими факторами на производительность можно характеризовать совокупным влиянием физико-механических характеристик горных пород и характеристики массива на работу экскаваторов и обоснование выбора их академик В. В. Ржевский рекомендует определить с помощью относительного показателя трудности экскавации породы Пэ, по эмпирической зависимости [8]

$$P_{э} = 0,3\lambda(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_{раст}) + 0,3\gamma; \quad (1)$$

где λ -коэффициент структурного ослабления пород в массиве направленного копания; $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сдв}$, $\sigma_{раст}$ —соответственного пределы прочности горных пород на сжатие, сдвиг, растяжение, МПа; γ -плотность насыпной массы, т/м³.

При выборе типа экскаватора, его модели, параметры забоя должны соответствовать физико-техническим характеристикам разрабатываемой породы, ее экскавируемости, определяемой величиной удельного сопротивления копанию [3]

$$K_f = \frac{P_K}{F_\phi} < \frac{P_K}{bt_p}, \quad (2)$$

где P_K -касательная сила сопротивления породы копания; F_ϕ —фактическая площадь поперечного сечения стружки; b – ширина стружки; t_p —расчетная толщина стружки (глубина внедрения экскавирующего органа).

Относительный показатель трудности экскавации разрушенных пород зависит в основном от их степеней кусковатости и связности, характеризуемых коэффициентом разрыхления, и определяется по эмпирической формуле [4]

$$P_{э.р} = \left[A + \frac{10A}{(K_p)^9} \right], \quad (3)$$

где A -показатель кусковатости разрыхленной горной массы,

$A = gdc_p + 0,1\sigma_{сдв}$,

dc_p - средний размер кусков разрушенной породы в развале;

K_p – коэффициент разрыхления разрушенной породы в развале.

В исследованиях за критерий оценки кусков горной массы может быть принят средний диаметр куска, величина которого вычисляется по формуле:

$$d_{cp} = \sum_{i=1}^n X_i Y_i, \quad (4)$$

где dc_p - диаметр среднего куска;

X_i - среднее арифметическое границ i -ой фракции;

n - число фракций;

g_i - содержание i -ой фракции.

Выше указанными факторами и по степени кусковатости и разрыхленности горных пород определяются технико-экономические показатели последующих технологических процессов: экскавации, транспортирования, складирования, обогащения и т.д.

Для обеспечения высокоэффективной работы карьерного экскаватора необходимо, чтобы взорванная порода была не только интенсивно раздроблена, но и хорошо разрыхлена. С ростом коэффициента разрыхления породы (K_p) в развале сокращается длительность черпания ($T_ч$), повышается коэффициент наполнения ковша (K_n), создаются условия для увеличения безопасной высоты разрабатываемого забоя ($H_у$) [9,10].

Влияние размерности куска горной породы в разрыхленном состоянии взрывом рассматривались в работах Л.И. Барона, П.А. Касьянова и определялись режимы нагружения рабочего оборудования, в частности подъемных механизмов [2,3,4]. Относительно к экскаваторам установлено, что нагрузки на рабочие механизмы при экскавации взорванной горной массы напрямую зависят от качества подготовки забоя. Повышение качества подготовки горной массы оказывается более эффективным технико-технологическим решением для повышения надежности и работоспособности горных машин, чем модернизация и внесение изменений в их конструкцию для увеличения несущей способности узлов и агрегатов.

В работах современных авторов влияние качества подготовки горной массы на техническое состояние карьерных экскаваторов циклического действия подробно рассмотрено учёными Н.Г. Домбровским и Ю.И. Беляковым были экспериментально установлены коэффициенты сопротивления копания для основных видов экскавационного оборудования для категории пород по трудности разработки и без предварительного разрыхления грунтов I-VI категории по СНиП [3,5,6]. Ими определены влияние крепости горных пород на выбор типа экскаваторов, а также на выбор емкости ковша в зависимости от условий работы.

В экспериментальных исследованиях гранулометрический состав взорванной массы определяется путем непосредственных измерений кусков в развале или с помощью фотограмметрического метода и предлагается состояние забоя и рабочей площадки оценивать по трехбалльной шкале: хорошее; удовлетворительное и неудовлетворительное [9,10].

В свою очередь, каждое из этих состояний характеризуется соответствующими технологическими критериями:

Хорошее - отсутствие «негабаритов»; средняя кусковатость породы 150-300 мм; время разборки забоя и разрушения негабаритов, выраженное в % от продолжительности смены, ТРЗ и ТРН = 0%; продольно-поперечный наклон рабочей площадки менее 3°; ширина рабочей площадки 60-70 м; 2 подъезда.

Удовлетворительное - наличие «негабаритов»; средняя кусковатость породы 300-400 мм; время ТРЗ и ТРН = 10%; продольно-поперечный наклон рабочей площадки ~3°; ширина рабочей площадки 40-60 м.

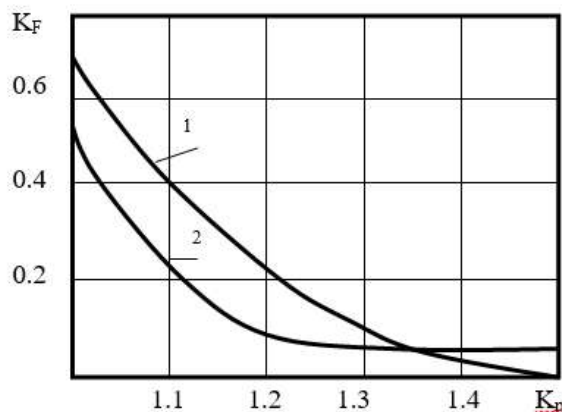


Рис. 1. Влияние коэффициента разрыхления породы в развале K_p на величину удельного сопротивления копанию K_f ; 1-известняки, 2-доломиты

Таблица 1

Рекомендуемая емкость ковшей экскаваторов для разработки разрыхленных взрывом скальных горных пород в зависимости от условий работы

Условия работы	Рекомендуемая емкость ковша, E, м ³ , при высоте уступа H _у			Коэффициент крепости породы, f	Кусковатость, d _{ср}	Коэффициент разрыхления, K _р
	5	10	15			
Легкие – состояние хорошее [KF<0,2]	5,2	10	16-20	f>6; g= 2,5-2,8	0,15-0,3 0,3-0,4	1,15-1,3 1,3-1,5
Средне-состояние удовлетворительное [KF=0,2- 0,4]	5	8	12,5-20	f=8 – 12 g=2,5 – 3,0	0,15-0,3 0,3-0,4	1,15-1,3 1,3-1,5
Тяжелые – состояние неудовлетворительное [KF>0,4]	5	6,3	10-15	f>6; g= 2,5-3,2	Более 0,4	1,2-1,5

Неудовлетворительное - наличие «негабаритов»; средняя кусковатость породы более 400 мм; время ТРЗ и ТРН более 20%; продольно-поперечный наклон рабочей площадки более 3°; ширина менее 40 м; наличие «козырька» в забое и ям на рабочей площадке.

Из графика установлена зависимость величины удельного сопротивления копанью (KF=0,28-0,7) от коэффициента разрыхления породы в развале, которое показывает, что этот коэффициент должен находится в пределах K_р=1,25 - 1,5. Рекомендуемая емкость ковшей экскаваторов для разработки разрыхленных взрывом скальных горных пород в зависимости от условий работы приведена в табл.1.

В процессе исследований нами было произведено хронометражные работы по определению производительности одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах. При валовой выемке на вскрышных уступах при различных условиях работы и расчётами определены их фактические значения производительности экскаваторов во времени, которое приведено на рис.2.

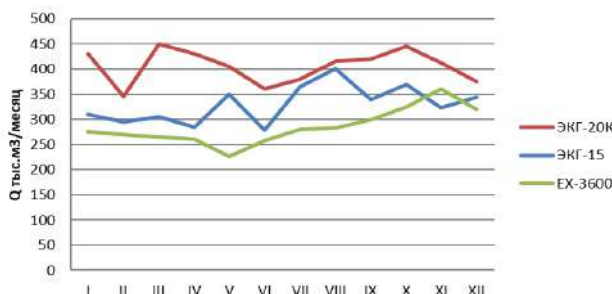


Рис. 2. Изменение производительности во времени

Из графика видно что, фактическая месячная производительность экскаватора ЭКГ-20К находится в пределах 350-450 тыс.м³ в год (год ввода в эксплуатацию 2014 г.); экскаватора ЭКГ-15 находится в пределах 280-400 тыс.м³ в год (год ввода в эксплуатацию 2013 г.); экскаватора EX-3600 находится в пределах 230-350 тыс.м³ в год (год ввода в эксплуатацию 2017 г.);

Из вышеприведенных результатов исследований установлено:

– рекомендуемая вместимость ковшей экскаваторов для различных условий работы: от коэффициента крепости породы, от кусковатости разрыхленных взрывом скальных горных пород и от коэффициента разрыхления породы при различной высоте уступа;

– изменение фактической месячной производительности экскаватора по месяцам в течение года и при этом снижение их в мае - июне, а также с ноября по январь.

В сложных условиях разработки для каждого технологического состояния рабочей площадки (забоя) экспериментально определено время производительной работы экскаватора равное, при оценке «хорошее» - «более 5 тыс. машино-часов в год», при оценке «удовлетворительное» - «2,5-3,5 тыс. машино-часов в год» и при оценке «неудовлетворительное» - «менее 2,5 тыс. машино-часов в год» работы экскаватора.

Таким образом, установлено, что природные условия и технологическое состояние забоя, в котором эксплуатируется машина, предопределяет интенсивность выработки ресурса карьерным экскаватором и, соответственно, величину его наработки, выраженной в виде коэффициента, определяемого как отношение приведенных показателей работоспособности. При этом за нормальные условия следует принимать хорошее качество подготовки забоя и горной массы по месяцам года.

Библиографический список:

- 1.Анистратов Ю.И. Справочник по открытым горным работам / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов, М.И. Щадов – М.: НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с.
- 2.Барон Л.И. Кусковатость и методы ее измерения. – М.: Изд-во АН СССР, Беляков Ю.И. Проектирование экскаваторных работ. — М.: Недра, 1983. — 349 с.
- 3.Домбровский Н.Г. Экскаваторы. М., «Машиновостроение», 1969. – 318 с.
- 4.Касьянов П.А. Исследование влияния кусковатости взорванной горной массы на режимы нагружения подъемных механизмов карьерных экскаваторов: дис. канд. тех. наук: 05.05.06 / П.А. Касьянов; – Свердловск, 1970. 25 с.
- 5.Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт механических лопат в условиях Севера: Справочное пособ. / Д.Е. Махно, А.И. Шадрин. – М.: Недра, 1992. – 127 с.
- 6.Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров / Р.Ю. Подэрни. – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.
- 7.Репин Н.Я., Репин Л.Н. Выемочно-погрузочные работы. М.: Горная книга, 2012. – 272 с.
- 8.Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. I. Производственные процессы. — М.: Недра, 1985. — 507 с.
- 9.Шибанов Д.А. Влияние факторов эксплуатации карьерных экскаваторов на их техническое состояние / Д.А. Шибанов, С.Л. Иванов, И.Е. Звонарев// Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник научных трудов 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т. 1 / под общ. ред. А.Б. Копылов, И.А. Басалай. – Минск: БНТУ, 2013. - С. 430-433.
10. Peak performance excavator selection. Practices. Harnischfeger Corporation, 2003. – 76 p.

RESEARCH OF CONDITIONS FOR FUNCTIONING SINGLE BUCKAGE CAREER EXCAVATORS OF CYCLIC ACTION ON DIFFICULT-STRUCTURAL DEEP CAREERS

¹Misliboyev I.T., Dean of the Faculty of Mining, Doctor of Technical Sciences

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

¹Makhmudov Sh.A., doctoral student, 1yy2@mail.ru.

¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

In the present work are viewed the questions about influencing the different conditions of working to the productiveness and operational index of mono bucket excavators periodic action in dead lift-structural deep mines, also hollowing of mining tons, and types of using mining excavators inclusive of factors parting, which influence to their work, dividing to the next groups with conditions: - identified with natural factors; - identified with constructive-operational factors of mining excavators; - identified with mining-technical, mining-technological, organizational and economical factors of mines. The results of studies to determine the preferred area of application of mechanical and hydraulic excavators, as well as to establish the recommended capacity of excavator buckets for various working conditions, are presented.

Keywords: Mine, solid, jamb, firsts, pickaxe, climate conditions, the index of excavation resistance, productiveness, excavator.

References

1. Anistratov Yu.I. Open Mining Handbook /Yu.I. Anistratov, K.Yu. Anistratov, M.I. Shadov – M.: NTS "Mining Engineering", 2010. – 700 p.
2. Baron L.I. Lumpiness and its measurements., Belyakov Yu.I. Excavation design. – M.: Nedra, 1983. – 349 p.
3. Dombrovskiy N.G. Excavators. M.: Machine Engineering. 1969. – 318 p.
4. Kasyanov P.A. Study of the effect of lumpiness of blasted rock mass on loading modes of hoisting mechanisms of excavators. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Sverdlovsk, 1970. 25 p.
5. Maxno D.E. Operation and repair of mechanical shovels in the North: Reference manual/ D.E. Maxno, A.I. Shadrin. – M.: Nedra, 1992. – 127 p.
6. Poderni R. Yu. Mechanical quarry equipment. – M.: MSMU, 2007. – 680 p.
7. Repin N. Ya., Repin L.N. Excavation. – M.: Mining Book, 2012. – 272 p.
8. Rjevskiy V.V. Open cast mining. Part 1. Production process. – M.: Nedra, 1985. – 507 p.
9. Shibanov D.A. The influence of mining excavators operation factors on their technical condition./ D.A. Shibanov, S.L. Ivanov, I.E. Zvonorev// Socio-economic and environmental problems of mining, construction and energy: collection of scientific papers of the 9th International Conference on Mining, Construction and Energy. – Basalay, Minsk, 2013. – pp. 430-433.
10. Peak performance excavator selection. Practices. Hamischfeger Corporation, 2003. – 76 p.

СТАНОК ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ

НФ-630



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



ОПЫТНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МЕСТНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ UGK ПРИ ФЛОТАЦИОННОМ ОБОГАЩЕНИИ ГРАФИТОВЫХ РУД



Адылов Д.К.,
руководитель инновационного проекта, старший научный сотрудник-исследователь АН РУз, к.т.н.



Ахмедов Р.К.,
старший научный сотрудник-исследователь ИОНХ АН РУз, к.х.н.



Черниченко Н.И.,
старший научный сотрудник-исследователь АН РУз



Турсунов А.С.,
младший научный сотрудник-исследователь ИОНХ АН РУз

Navoiy konchilik institutining Metallurgiya kafedrasida laboratoriyada o'tkazilgan eksperimental laboratoriya sinovlari natijalari taqdim etildi. Zamonaviy asbob-uskunalar yordamida fizik, fizik-kimyoviy va boshqa usullar bilan o'rganilgan grafit kontsentrati namunalari eksperimental laboratoriya guruhi chiqarildi. Yangi, mahalliy UGK ko'pikli agenti bilan bir qator tajribalar o'tkazildi, ular grafit rudalarini flotatsiya paytida kollektor va ko'piklovchi moddalarning funktsiyalarini namoyish etdilar. Umumjahon ko'pikli agent UGK yordamida grafit rudalarining flotatsion kontsentratsiyasini sinash natijalari berilgan. Laboratoriya sinovlari grafit kontsentratsiyasini olishni maksimal darajada oshirish uchun flotatsiya kontsentratsiyasi bosqichlari sonining kamayishini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari jadvallar, diagrammalar, raqamlar va IQ spektrlari ko'rinishida taqdim etiladi.

Tayanch iboralar: grafit rudasi, boyitish, flotatsiya, kollektor, ko'piklovchi vosita, flotatsiya mashinasi, grafit kontsentrati, dumlar.

Приводятся результаты опытно-лабораторных испытаний проведенных в лаборатории при кафедре «Металлургии» Навоийского горного института. Выпущена опытно-лабораторная партия образцов графитовых концентратов, которые были изучены физическими, физико-химическими и другими методами с использованием современного оборудования. Проведен ряд экспериментов с новым, местным, пенообразователем UGK, который во время флотационного обогащения графитовой руды проявил функции и собирателя, и пенообразователя. Представлены результаты испытаний флотационного обогащения графитовых руд с универсальным пенообразователем UGK. Лабораторные испытания показали сокращение количества стадий флотационного обогащения для максимального извлечения графита в концентрат. Результаты исследований приведены в виде таблиц, схем, рисунков и ИК – спектров.

Ключевые слова: графитовая руда, обогащение, флотация, собиратель, пенообразователь, флотационная машина, графитовый концентрат, хвосты.

Графит относится к материалам, к которому предъявляются очень жесткие требования по качеству. Использование его в значительной степени зависит от структурных особенностей руд, содержание в них графитового углерода, возможностей тонкого помола и т.д. Наиболее широко графит применяется в металлургии, литейном деле, нефтегазовой отрасли, электротехнике, в карандашном производстве, в получении графитовых смазочных материалов и др. Графит используется также в качестве замедлителя при ядерных реакциях в атомных котлах. [1]

Современные требования различных отраслей промышленности к графитовому продукту предусматривают нормирование (допуск) ряда качественных и структурных показателей, основными из которых являются зольность, состав вредных и балластных примесей, крупность зерен графита и его кристаллическое строение. Обычно графитовые руды содержат повышенные количества балластных примесей и, следовательно, нуждаются в обогащении.

Как показывает мировой опыт в настоящее время, наиболее приемлемым методом обогащения графитовых руд является флотационный, который ведется пенно-воздушным способом. Он является наиболее распространенным в мире и с его помощью ежегодно обогащают 1 млрд. тонн горной массы - более 20 типов руд [2,3,4].

Другие методы обогащения отличаются тем, что условия работы являются вредными для здоровья, дорогими, малой эффективностью, большой энергоёмкостью и потерей части графита [5].

В связи с тем, что Республика Узбекистан интенсивно развивается и потребность в графитовых материалах с каждым годом увеличивается, вопрос обогащения графитовых руд Тасказганского месторождения Бухарской области является своевременным и актуальным.

На основании принципиальной схемы (рис.1) проведены следующие этапы работ:

1. Отбор проб по ГОСТу.
2. Измельчение и классификация графитовой руды (измельчение до класса 0,074 мм).
3. Первая флотация и отбор графитового концентрата 1 обогащения.
4. Вторая флотация и отбор графитового концентрата 2 обогащения.
5. Третья флотация и отбор графитового концентрата 3 обогащения.
6. Сушка отходов (хвостов) графитовой руды.



Рис 1. Принципиальная схема обогащения графитовые руды

Важнейшим и обязательным условием флотации является различная смачиваемость поверхности минералов водой. Пенная флотация основывается на процесс, при котором плохо смачиваемые водой частицы (гидрофобные) прилипают к вводимым в пульпу пузырькам воздуха или газа и поднимаются с ними на поверхность, образуя пену (с добавлением пенообразователя, который регулирует устойчивость пены), а хорошо смачиваемые водой частицы (гидрофильные) остаются в объеме пульпы.

Пенная флотация осуществляется в трехфазной среде "твердые частицы - жидкость - газ", называемой пульпой. Твердая фаза представлена частицами минералов, получаемых при дроблении и помоле графитовой руды с целью выделения полезных компонентов (графита) из сростков их с минералами пустой породы.

Жидкая фаза содержит воду, продукты выщелачивания минералов, флотореагенты, растворенные газы и т. д. Газовая фаза состоит из пузырьков (размеры от десятков мкм до 1-2 мм), образующихся при прохождении воздуха через диспергирующее устройство (аэратор). Положительную роль во флотации играют газовые пузырьки, выделяющиеся из раствора.

Сущность элементарного акта флотации заключается в сближении в водной среде пузырька газа и гидрофобной поверхности минеральной частицы (адгезия), которой к воде меньше (когезии) воды, разделяющая их водная прослойка при достижении некоторой критической толщины становится неустойчивой и самопроизвольно прорывается. Этот этап завершается полным смачиванием частицы, обеспечивающим прочное слипание пузырька и частицы. Вследствие того, что плотность комплексов или агрегатов "пузырьки - частицы", меньше плотности пульпы, они всплывают (флотируют) на ее поверхность и образуют пенный минерализованный слой, который удаляется из флотационной машины. Флотацией редко удаётся за одну операцию получить кондиционный концентрат и отвалы хвосты с минимальным содержанием ценного компонента (графита), исходя из этого, процесс обогащения графитовой руды является многоступенчатым.

При дисперсности частиц графитовой руды 0,06 – 0,12 мм, подъемная сила пузырьков пены, применяемой при флотации руды, обеспечивает переход именно указанных флотируемых частиц, содержащих ценные компоненты, в поверхностный пенный слой, являющийся флотоконцентратом. Исходя из этого, образцы графитовой руды измельчались в шаровой мельнице марки VEB – 4600 Wittenberg BT и просеивались через сито № - 0,074 мм.

Для работы использовалась лабораторная флотационная машина с объемом камеры 2,5 литра (рис.2)

В экспериментальных работах был использован новый местный химический реагент – пенообразователь UGK. Пенообразователь UGK, является высокомолекулярным синтетическим модифицированным линейным полимером, относящийся к поверхностно - активным веществам в таблице 1 приведены физические характеристики пенообразователя.

Порядок выполнения экспериментальной работы:

Пример 1. В камеру флотомашин залили 2,5 литр воды комнатной температуры, затем засыпали в камеру флотомашин измельченную и просеянную графитовую руду (до класса – 0,074 мм) 416 г и перемешивали в течении 3 мин, добавили пенообразователь UGK (0,186 г) 6 капель. На флотомашине задаем обороты пропеллера 380 об/мин, подача воздуха 10,0 л/мин. После контактирования пульпы с реагентом приступали к сбору пены при помощи пеносъемника в чашку. Уровень пульпы в камере поддерживали добавлением воды. Первое обогащение длилось 10 мин. Собранную пену пропускали через вакуум - фильтр и осевший на фильтре остаток сушили в печи, при температуре 90 - 100°С. Получили графитовый концентрат в количестве 66,34 г (выход 15,9%).



Рис.2. Флотационная машина

Пример 2. Далее в эту же пульпу добавили 3 капли UGK (0,093 гр.), на флотомашине задали обороты пропеллера 318 об/мин, подача воздуха 10,0 л/мин. и продолжили второй флотационный процесс обогащения. После контактирования пульпы с пенообразователем UGK приступили к сбору пены. Второе обогащение длилось 16 мин. Собранную пену пропустили через вакуум - фильтр и осевший на фильтре остаток сушили в печи, при температуре 90 - 100°С. Получили графитовый концентрат второго обогащения в количестве 94,46 г. (выход 22,7%).

Пример 3. Процесс третьего обогащения графитовой руды аналогичен второму за исключением того, что в пульпу добавили 1 каплю пенообразователя UGK (0,031 г, а время флотации составило 10 мин. Собранную пену пропустили через вакуум - фильтр и осевший на фильтре остаток сушили в печи, при температуре 90–100°С. Получили графитовый концентрат третьего обогащения в количестве 26,72 г (выход 6,42%)

В таблице 2 показаны три стадии обогащения графитовой руды, количество использованного во время флотации местного пенообразователя UGK, время флотации, выход графитового концентрата и количество отходов (хвосты).

Результаты химического анализа на содержание углерода в полученных образцах следующие:

Графитовая руда – 416 г – 18,4% С_{общ}
 1 обогащение - 66,34 г – 32,4% С_{общ}
 2 обогащение – 94,46 г – 30,3% С_{общ}
 3 обогащение – 26,72 г – 31,2% С_{общ}
 Хвосты – 199,65 г – 8,2% С_{общ}

В табл.3 приведены данные материального баланса выхода углерода в концентраты при трехкратном флотационном обогащении с использованием UGK.

Таблица 1

Физические характеристики пенообразователя UGK

Молекулярная масса г/моль	Цвет	Фаза	pH (1% - го р-ра при 250°С)	Точка воспламенения, °С	Плотность г/см³ при 250°С	Растворимость	Запах
318-326	коричневый	жидкий	1 – 2	100	1,05	хорошо растворим в воде	Без запаха

Таблица 2

Результаты трехкратного флотационного обогащения графитовой руды

Наименование	Количество воды, л	Графитовая руда г.	UGK количество флотореагента, г *капель	Время флотации мин	Выход готового концентрата г, %	Хвосты после флотации г, %	
Графит первого обогащения							
Пример 1	2,5	416	0,031*6 0,186	10	66,34 гр. (15,9%)	199,65 (48,0%)	
Графит второго обогащения							
Пример 2	2,5		0,031*3 0,093	16	94,46 (22,7%)		
Графит третьего обогащения							
Пример 3	2,5		0,031*1 0,031	10	26,72 (6,42%)		

Таблица 3

Количество углерода в образцах при трехкратном флотационном обогащении с использованием UGK

Название образца	Сухой вес образца, г	Содержание углерода в образце, %	Количество углерода в образце, г	Извлечение углерода, в %
Графитовая руда	416	18,4	76,544	100*
Концентрат 1 обогащения	66,34	32,4	21,494	28,08
Концентрат 2 обогащения	94,46	30,3	28,621	37,39
Концентрат 3 обогащения	26,72	31,2	8,337	10,89
Хвосты	199,65	8,2	16,363	21,38**

* - цифра 100 условно подразумевает общее процентное содержание углерода в исходном образце графитовой руды (вес 416 г).

Как видно из табл.3 при трехкратном флотационном обогащении с использованием нового местного пенообразователя UGK общее извлечение углерода в концентрат составило 76,36 – 78,62%.

В связи с тем, что универсальный пенообразователь UGK, во время флотационного обогащения графитовой руды выполняет функции и собирателя, и пенообразователя, то вовлечение в процесс флотации других реагентов нет необходимости.

Новизна технологического процесса извлечения графитового концентрата заключается в том, что он осуществляется впервые без собирателя, с применением местного универсального пенообразователя UGK. За счёт исключения из процесса флотации собирателя и уменьшения количества перечисток (не более 5) сокращено время флотации, применение вакуум-фильтра в технологическом процессе для доведения до сухого состояния графитового концентрата позволяет сократить длительность технологического процесса и сэкономить энергоресурсы. Все перечисленные факторы уменьшают финансовые затраты, трудоёмкость технологического процесса и повысят производительность предприятия.

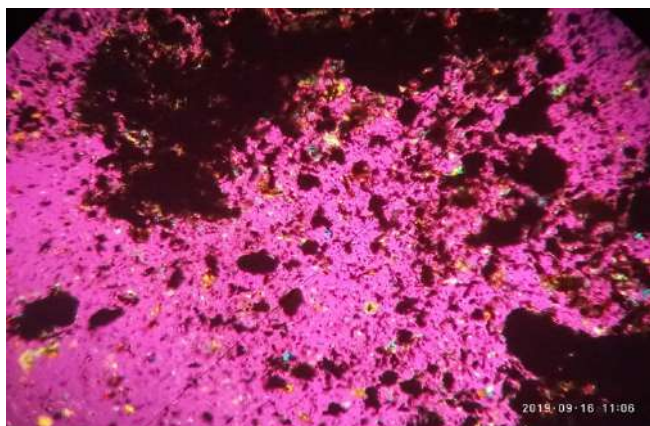


Рис.3. Снимок образца графитовой руды при 100 кратном увеличении

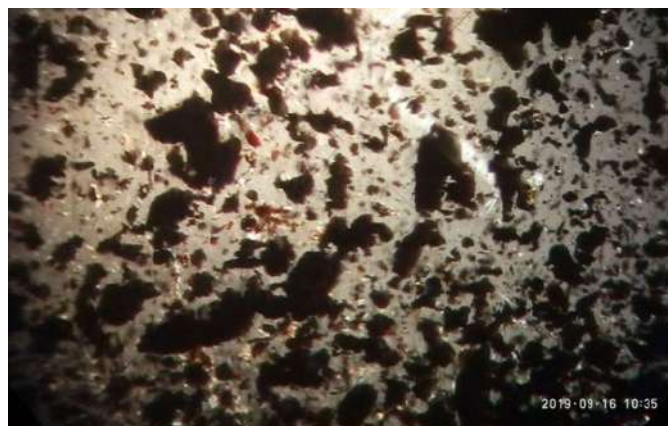


Рис.5. Снимок образца графитового концентрата при 100 кратном увеличении

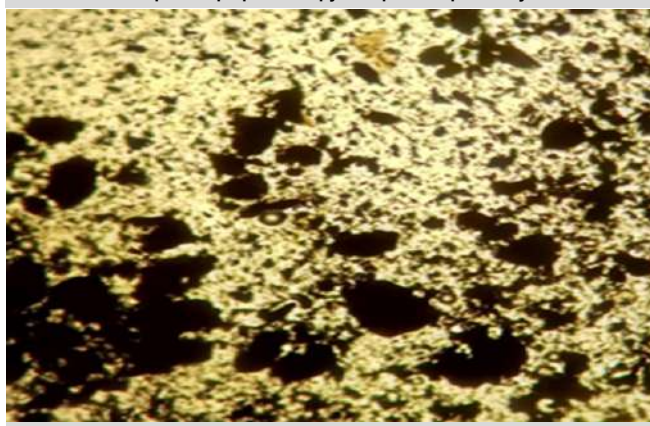


Рис.4. Снимок образца графитового концентрата первого обогащения при 100 кратном увеличении

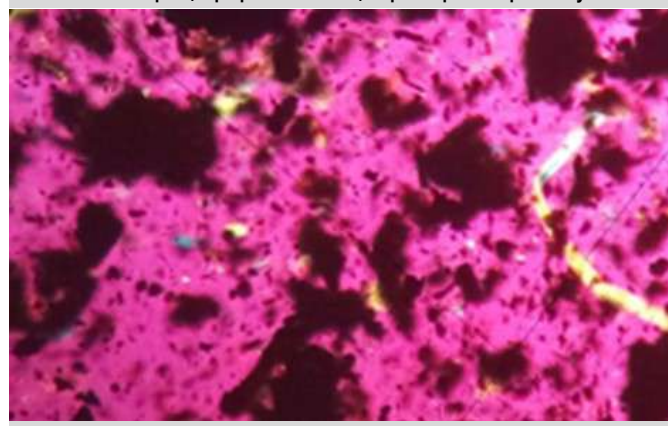


Рис.6. Снимок образца графитового концентрата третьего обогащения при 100 кратном увеличении

В ходе проведения научно-исследовательских работ были изучены образцы исходной графитовой руды и полученных концентратов физическими, физико-химическими и другими методами с использованием современного оборудования.

На рис.3 изображен снимок образца графитовой руды, сделанный при помощи микроскопа серии LEICA DM. На снимке наблюдаются цветные вкрапления, что говорит о том, что данный образец графитовой руды состоит из графита, кварца, железа, алюминия и других балластных примесей.

На рис.4 изображен снимок образца графитового концентрата первого обогащения, на котором наблюдается значительное уменьшение количества вкраплений, что говорит о том, что в концентрате визуально преобладает графит, а количество балластных примесей сократилось.

На снимке (рис.5) видно, что балластных примесей очень мало.

Анализы исследуемых графитовых образцов проводили с помощью высоко-чувствительного спектрометра IRTaser-100 (соотношение сигнал/шум 60000:1). Спектральное разрешение IRTaser-100 равно $0,25 \text{ см}^{-1}$ обеспечивает высокую точность количественной идентификации полос в спектре.

Обогащая графитовые руды месторождения Тасказган можно получить широкий ассортимент графитовых концентратов, отличающихся как зольностью, так и гранулометрическим составом, что позволит использовать их в разных отраслях народного хозяйства [5]. Необходимо отметить что, в настоящее время в Республике не существует производства по обогащению графитовой руды методом флотации. Представленные в этой статье результаты научно-исследовательской работы позволяют утверждать, что графитовые руды месторождения Тасказган пригодны для промышленного использования.

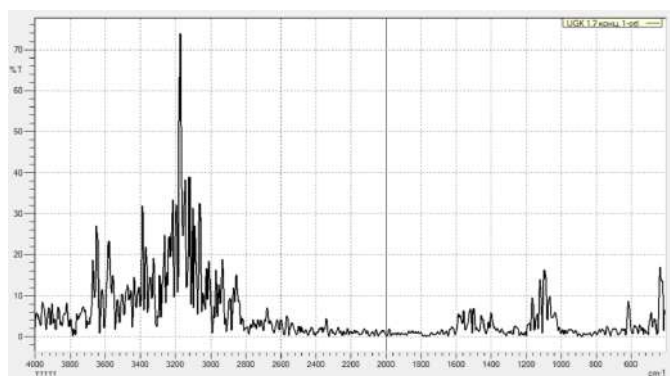


Рис.7. ИК – спектр образца графитового концентрата 1-го обогащения

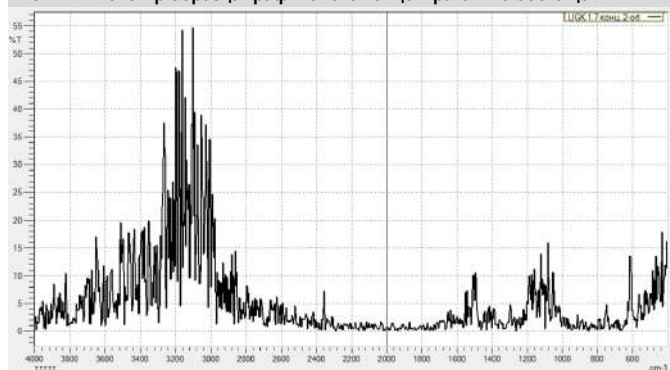


Рис.8. ИК – спектр образца графитового концентрата 2-го обогащения

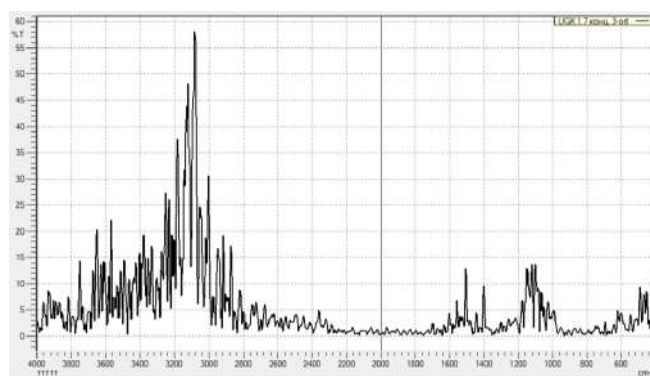


Рис.9. ИК – спектр образца графитового концентрата 3-го обогащения

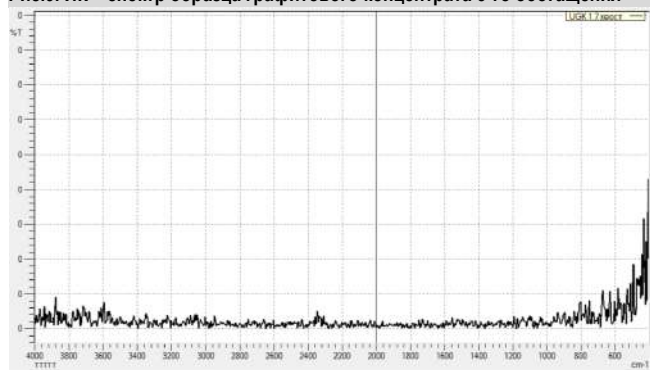


Рис.10. ИК – спектр образца отходов (хвостов) после 3-х кратного обогащения

Библиографический список:

1. Фиалков, А. С. Углерод. Межслоевые соединения и композиты на его основе / А. С. Фиалков. М.: Аспект Пресс, 1997. - 718 с.
2. Статья В.И. Брагина, И.И. и др. «Разработка технологии обогащения графитовых руд» научно-технический журнал «Горный информационно - аналитический бюллетень» № 9. С.133-137.
3. Методические рекомендации по применению Классификации запа-сов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных иско-паемых. Графит. М., 2007, 32 с.
4. Тимесков В.А. Минеральное сырьё. Графит// Справочник. М., ЗАО «Геоинформмарк», 1997, 30 с.
5. Статья Хамидов Р.А. «Графитовые руды Узбекистана и пути их промышленного использования». Журнал «Геология и минеральные ресурсы». № 2, 2011 г. С. 34-40.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СБРОСНЫХ РАСТВОРОВ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ



Эрназаров М.Т.,
старший научный сотрудник
Института ионно-плазменных
и лазерных технологий
АН РУз, к.т.н.



Рашидов Х.К.,
старший научный сотрудник
Института ионно-плазменных
и лазерных технологий
АН РУз



Нуралиев У.М.,
младший научный сотрудник
Института ионно-плазменных
и лазерных технологий
АН РУз



Тулаганов С.А.,
младший научный сотрудник
Института ионно-плазменных
и лазерных технологий
АН РУз

Gidrometallurgiya zavodlarining chiqindi eritmalaridan qimmatbaho va rangli metallarni sorbsiya qilish natijalari keltirilgan. Asosiy va takroriy chiqindilarning kimyoviy tarkibi bo'yicha tahliliy ma'lumotlar keltirilgan. Purolit qatronining olijanob va rangli metallarga nisbatan yaxshi sorbsion xususiyatlari qayd etilgan.

Purolit qatroni va mahalliy AMPning oltingugurtli va rangli metallarni sorbsiyasi bo'yicha qiyosiy ma'lumotlar keltirilgan. Oltinning dinamik ion almashinuvi sig'imi 3,8 mg/g qatronni tashkil qiladi.

Tayanch iboralar: tatashlandiq eritmalar, oltin, kumush, rangli metallar, sorbsiya tahlil qilish, qatron, kolonka.

Представлены результаты работ по сорбции благородных и цветных металлов из сбросных растворов гидрометаллургических заводов. Приведены аналитические данные по химическому составу основных и продублированных сбросных растворов. Отмечаются хорошие сорбционные свойства смолы фирмы Purolite для благородных и цветных металлов.

Приведены сравнительные данные по сорбции благородных и цветных металлов смолы фирмы Purolite и отечественного производства АМП. Динамическая емкость ионита по золоту составляет 3,8 мг/г смолы.

Ключевые слова: сбросные растворы, золото, серебро, цветные металлы, анализ, сорбция, смола, колонка.

Сбросные растворы возникли в условиях, при соответствующем уровне техники и технологии, когда часть мелкого и тонкого золота в результате переработки золотосодержащих горных пород не была извлечена и ушли в потери - в хвостохранилища или шламохранилища и другого рода накопителях ГМЗ-2, ГМЗ-3. Ежегодно только на ГМЗ-2 в результате переработки золотосодержащих руд в объеме около 30 млн.т, в хвостохранилища и шламохранилища на площади несколько сот гектаров, сбрасываются растворы объемом не менее 10 млн. м³, содержащие благородные и цветные металлы. Вместе с тем, в этих хранилищах, указанные металлы находятся в цианистых соединениях, создавая экологическую напряженность в регионе.

Целью настоящей работы является разработка технологии комплексной переработки сбросных растворов Гидрометаллургических заводов (на примере ГМЗ-2) с целью получения благородных и цветных металлов.

В виду низкого содержания золота в жидкой фазе хвостовой пульпы, и вследствие больших затрат энергии и материалов при его извлечении, требуется разработка новых высокоэффективных технологий извлечения. Один из вариантов доизвлечения благородных металлов - исследование сорбции благородных металлов на новых сорбентах.

Нами для исследования выбрана смола фирмы Purolite с лейблом - PuroGold MTA 9920, предназначенная для сорбции благородных металлов и прошедшая испытания на Российских золотодобывающих фабриках, таких как ОАО «Покровский рудник» 2006 г., «Пионер» 2008 г. и др. До 2000 г. было синтезировано и испытано более 150 образцов нового класса. По результатам испытаний были выбраны лучшие образцы и разработана технологическая схема сорбции золота из производственных цианидсодержащих сред [1]. Технические характеристики которых представлена в [2]. В 2001 г. в опытном цехе Навоийского горно-металлургического комбината были проведены полупромышленные испытания двух лаборатор-

Таблица 1

Паспортные данные сбросных растворов ГМЗ-2 и ГМЗ-3, %

Наименование	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	MnO
ГМЗ-2	0,014	0,00001	7,6	0,29	4,7	0,047	0,0016	0,12	0,0013
ГМЗ-3	0,014	0,0001	7,6	0,29	4,7	0,047	0,0016	0,12	0,0013

Таблица 2

Соединения ценных и благородных металлов в сбросных растворах, мкг/г

Наименование	Li	Be	B	Na	Mg	Al	p	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
ГМЗ-2	36,0	0,2	140	47	1200	140	470	1	76	36	16	62	53	13	290	78
ГМЗ-3	150	0,24	410	85	40	140	1400	10	71	31	39	73	56	810	280	270
	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
ГМЗ-2	470	35	200	21	1000	170	560	90	22	06	022	002	380	46	2 0	002
ГМЗ-3	12	39	120	19	230	260	470	27	20	07	046	003	19	1 9	1 4	003
	Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	N	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
ГМЗ-2	0 5	10	0 8		1 6	62	0 81	25	01	06	0 1	002	0 1	001	009	001
ГМЗ-3	0 9	87	07	17	0 55	43	0 64	22	02	04	0 2	019	0 2	01	024	011
	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
ГМЗ-2	0 06	009	007	03	0002	001	45 0	76	001	005	02	04	0 3	001	002	07
ГМЗ-3	0 15	085	017	07	0 05	002	8 6	13	03	03	02	18	1 7	022	052	2 0

Таблица 3
Динамика сорбции золота и серебра из сбросных растворов.
CAu -0,05 CAg-46 мкг/г

Пропущено, раствора, л	Содержание благородных металлов на выходе колонки			
	золото	%	серебро	%
1	н.о	99,9	28	
2	н.о	99,9	27	41,4
3	н.о	99,9	29	37,0
4	н.о	99,9	30	34,8
5	н.о	99,9	30	34,8
6	н.о	99,9	26	43,5
7	н.о	99,9	25	45,7
8	н.о	99,9	27	41,4
9	н.о	99,9	28	39,2
10	н.о	99,9	30	34,8
15	н.о	99,9	29	37,0
20	н.о	99,9	29	37,0
25	н.о	99,9	30	34,8
30	н.о	99,9	31	33,0
35	н.о	99,9	28	39,2
40	н.о	99,9	30	34,8
45	н.о	99,9	29	37,0
50	н.о	99,9	28	39,2

[5,11], рения [6] урана [7], а также очистки от тяжелых металлов сточных вод [8], и из стоков горно-металлургических предприятий [9].

Для проведения исследований нами собрана сорбционная система: состоящая из подающей емкости, колонки размером $d=20$ мм и $h=200$ мм, куда поместили 9 г смолы PuroGold MTA 9920, и принимающей емкости для обедненного раствора, подготовленного по методике, описанной в ГОСТ 10896-72 [10] трехкратного кондиционирования.

Были получены сбросные растворы ГМЗ-2 объемом 50 л, исходные химические данные, указанные по паспорту представлены в табл. 1. В табл. 2 представлен продублированный для сравнения, полный химический анализ сбросных растворов проведенной ГП «Центральная лаборатория» Госкомгеологии РУз.

Была изучена сорбция благородных металлов в динамических условиях на смоле PuroGold MTA 9920, результаты которых представлены в таблице 3.

Также было проведена сорбция благородных металлов на анионите АМП в табл. 4, 5 приведены, сравнительны данные содержания ценных компонентов в смоле.

Из данных табл. 4, 5 видно, что количественно сорбция на анионите фирмы Purolite намного превышает данные смолы АМП. Максимальная сорбционная емкость:

- для цветных металлов по ранжиру: медь > никель > цинк;
- для редких металлов: вольфрам > молибден > рений;
- для благородных: золото > серебро > платина.

Таблица 4
Содержание ценных и благородных металлов в смоле
Purolite MTA 9920, мкг/г

Наименование	Fe	Ni	Cu	Zn	W	Mo	Ag	Au	Re
Сод-ние, ppm	34934	6713	74491	869	383	91,7	530	3891	37,9

Таблица 5
Содержание ценных и благородных металлов в смоле АМП, мкг/г

Наименование	Fe	Ni	Cu	Zn	W	Mo	Ag	Au	Re
Сод-ние, ppm	18470	2361	35922	1016	1,7	14,4	21	845	8,75

ных образцов нового ионита [3]. В 2006 г. на предприятии ОАО «Покровский рудник» были проведены опытно-промышленные испытания двух марок новой смолы под общим названием PuroGold для сорбции золота из растворов кучного выщелачивания (КВ) [4].

Ионообменные смолы фирмы Purolite широко используется для сорбционного отделения различных металлов: платины и палладия

Такая же закономерность, с меньшей емкостью, также наблюдаются и для смолы АМП за исключением вольфрама. Динамическая емкость ионита фирмы Purolite по золоту составляет 3,8 мкг/г смолы [12]. Продолжаются работы по элюированию и регенерации цветных и благородных металлов из смолы фирмы Purolite.

Библиографический список:

1. Пат.2164257 РФ, МПК7 С 22 В11/08, С22В 3/24. Способ извлечения золота из руд, концентратов и шламов / Толстов Е.А., Михин О.А., Димитриев Г.М. и др. заявл. 20.03.2001; Web Site: <http://www.purolite.com>.
2. Смирнов В.В., Волков В.П. и др. Испытания ионита нового поколения в оборотных циклах сорбции золота из пульпы // Цветные металлы 2005, №1. С. 48-50.
3. Алексеев В.Н., Мутъев А.М., Волков В.П., и др. Промышленное применение смолы PuroGold для сорбции золота из циано содержащих сред на предприятиях ГК «Петропавловск» // Цветные металлы 2010. -С. 23-26.
4. Адеева Л.Н., Миронов А.В. Сорбция платины и палладия на хелатной смоле Purolite S 920. //Вестник Омского ун-та 2013, №4 С.128-131.
5. Петров Г.В., Фокина С.Б. Извлечение рения из продуктов экстракционной переработки промывной кислоты медного производства на Purolite A 170. //Интернет-журнал «Науковедение» Т.7. №2 март-апрель 2012. -С.36-38.
6. Рычков В.Н., Смирнов А.Л., Гордунов К.Р. Сорбция урана из растворов подземного выщелачивания сильноосновными анионитами Purolite A 500 и Purolite A 600. Журнал «Радиохимия» Т.56. №1 2014. - С.35-38.
7. Пимнева Л.А. Очистка сточных вод от токсичных тяжелых металлов //Современные наукоемкие технологии 2013 №2. - С 99-101.
8. Тимофеев К.Л. Сорбция тяжелых металлов из стоков горнометаллургических предприятий на смолах Purolite С. 930-984 ГОСТ 10896-72. Иониты – подготовка к испытанию. Стандарт №2198 от 14.08.78 г.
9. Дуба Е.В. Сорбционное концентрирование Pt (IV), Pd (II) А (I) из солянокислых растворов в динамическом режиме.// Химия и химическая технология в XXI веке. 2018. -С. 267-268.
10. Эрнazarов М. Отчет НИР ФА-Атех-2018-272 «Переработка сбросных растворов гидрoметаллургических заводов с целью получения благородных и цветных металлов» Ташкент. 2018. - 60 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД МЕДНОГО И ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ОЗОНОМ



Холикулов Д.Б.,
зам. директора по научной
работе и инновациям
Алмалыкского филиала
ТашГУ им. Ислама
Каримова, к.т.н., доцент



Нормуротов Р.И.,
ведущий инженер
инновационно-технической
службы РУ "ГМЗ-1" НГМК,
к.т.н., доцент

Ushbu maqola ozon yordamida mis va rux ishlab chiqarish uchun oqava suvlarni tozalash jarayonini o'rganadi va o'rganadi. Oddiy va oqova suvlarda ozonning eruvchanligi o'rganildi. Ozon va metall ionlari konsentratsiyasining pH va eritma harorati bo'yicha o'zgarishlari o'rganildi. Ozonli oqava suvlarni og'ir metal ionlaridan tozalash bo'yicha tadqiqotlar olib borildi.

Mis va sink ishlab chiqarishda aralashmalarining oksidlanishi tadqiqot natijalariga ko'ra aniqlandi - ozon iste'moli, jarayon vaqti, pH, katalizator konsentratsiyasi, jarayon harorati, ushbu oqava suvlarni tozalash va metall birikmalarining tiklanishi.

Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, 60 minut ichida ozon bilan ishlov berish metall konsentratsiyasi (Fe, Zn, Cu) bilan <0,1 mg / L ga tushirildi, bu metallarda MRECDan past. Metallni tozalash darajasi 98% tashkil etdi.

Olingan natijalar asosida mis va sink ishlab chiqarishda ozon va oqava suvlarni tozalash texnologik sxemasi ishlab chiqilgan.

Tayanch iboralar: ozon, eritma, tozalash, oqava suvlar, pH, parchalanish, oksidlanish, metallni qaytarish, aralastirish, harorat, erish tezligi, gaz, tozalash darajasi, ekologiya, mis ishlab chiqarish, tozalash usullari, katalizator, rux.

В статье исследуется процесс очистки сточных вод производства меди и цинка озонem. Растворимость озона в обычных и сточных водах изучалась. Изменения концентрации озона и ионов металлов изучали в зависимости от pH раствора и температуры. Были проведены исследования по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов озонem.

В результате исследований по окислению примесей, содержащихся в сточных водах производства меди и цинка, определены параметры процесса - расход озона, продолжительность процесса, pH, концентрация катализатора, температура процесса, что позволило очистить и вернуть сточные воды возвращаются в производство, а также получают осадок соединений металлов.

Было обнаружено, что за 60 минут очистки сточных вод озонem концентрация металлов (Fe, Zn, Cu) снизилась до уровня <0,1 мг / л, что на порядок ниже, чем ПДК металлов в воды. Степень очистки металлов составила 98%.

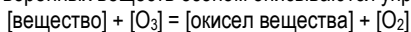
На основании полученных результатов разработана технологическая схема очистки сточных вод производства меди и цинка озонem.

Ключевые слова: озон, раствор, очистка, сточные воды, pH, разложение, окисление, извлечение металлов, примеси, температура, скорость растворения, газ, степень очистки, экология, производство меди, методы очистки, концентрация вредных веществ, катализатор, цинк.

Выбор метода обеззараживания сточных вод металлургического производства осуществляют на основании расхода и качества очищенных сточных вод, условий поставки и хранения реагентов. Также выбор метода обеззараживания определяется не только технико-экономическими показателями, но и экологическими требованиями.

Одной из «экологически чистых» технологий очистки сточных вод является технология очистки с помощью озона [1-4]. К озонированию относят как процессы окисления органических и неорганических соединений или обезвреживания растворенным в воде озонem, так и окислительные процессы, протекающие при участии гидроксильных радикалов, образующихся в результате химических трансформаций озона.

Воздействие озона на примеси воды может проявляться в следующих формах: прямое окисление, не прямое окисление (окисление активными радикалами), озонoliz и катализ. Прямые реакции окисления растворенных веществ озонem описываются упрощенной схемой:



К таким реакциям относится окисление ряда органических и минеральных веществ. Озон окисляет все металлы кроме золота и платиновых металлов, а также большинство неметаллов. Он переводит низшие оксиды в высшие, сульфиды металлов в их сульфаты. В ходе этих реакций молекула озона как правило теряет один атом кислорода, переходя в молекулу O_2 . Соединения хрома, железа, марганца, меди, цинка после окисления озонem осаждаются в виде не растворимых гидроксидов или переводятся в высшие оксиды и перманганаты. Сероводород окисляется озонem до серной кислоты. С цианидами озон реагирует в слабощелочной среде быстро и полностью, образуя в начале менее токсичные цианаты, которые затем гидролизуются в воде или окисляются озонem.

Использование озонирования в качестве метода повышения эффективности удаления металлов из сточных вод возможно по двум направлениям воздействия на процесс щелочного осаждения - прямое и не прямое.

Под прямым воздействием озона подразумевается его химическое взаимодействие с самими соединениями осаждаемых металлов, в результате которого меняется их химический состав. Такое воздействие может быть названо воздействием на неорганические соединения участвующие в процессе щелочного осаждения металлов. Аммиак или соли аммония, в зависимости от pH среды, окисляются озонem до азотной кислоты или нитратов.

Окисление находящихся в воде соединений металлов происходит по прямому механизму с участием одного атома кислорода из молекулы O_3 , и описывается кинетикой реакции первого порядка (по концентрации растворенного озона в воде).

Не прямое воздействие озона на процесс щелочного осаждения заключается в деструкции попутных органических и других загрязнений очищаемого стока, способных негативно сказываться на полноте осаждения металлов. Такими загрязнениями являются некоторые поверхностно-активные вещества, вызывающие коллоидную стабилизацию частиц осадка, вещества, образующие с ионами металлов устойчивые и неподверженные щелочному осаждению комплексы. [5, 6].

В щелочной среде, которую имеет вода при известковой очистке, окислительная способность озона возрастает, благодаря чему многие органические вещества могут разрушаться с образованием низкомолекулярных продуктов окисления вплоть до полной минерализации.

Присутствие в воде ионов тяжелых металлов, в частности меди, никеля и железа могут каталитически ускорять процесс окисления озонem органических веществ [7-10].

Озон окисляет как органические, так и неорганические вещества, растворенные в воде. Дозы озона, в зависимости от состава обрабатываемой воды, составляют от 0,5 до 5 мг/л, время реакции озono-воздушной смеси с водой для эффективного окисления примесей - от 1 – 2 до 10 – 15 мин [11].

Обеззараживание сточной воды озоном имеет значительные преимущества перед другими методами. При введении озона в воду происходит окисление ферментов бактериальных клеток, а также органических и неорганических веществ, обуславливающих цветность, привкус и запах, за счет высокой окислительной способности озона. При этом в воду не вносятся посторонние примеси и не образуются вредные для окружающей среды соединения. Бактерицидное действие озона основано на разрыве свободным кислородом органических соединений при взаимодействии с ними. В реакциях разрушения органических и неорганических соединений участвуют и свободные радикалы, образующиеся при разложении озона в воде. Более широкое использование озона может быть связано с его потенциально меньшей опасностью для водоема: остаточный растворенный в воде озон полностью разлагается за 7-10 мин, а значит, в водоем озон не поступает.

Необходимо отметить, что для каждого из металлов, присутствующих в обрабатываемой воде, характерно определенное значение pH, при котором наиболее полно осуществляется их удаление. Это обстоятельство создает определенные трудности озонирования, требуя осуществления строгого контроля за величиной pH и дозой озона, так как при нарушении установленных режимов работы происходит накопление в воде ионов освобожденных металлов, которые могут быть токсичными.

Исследование растворимости озона в обычной и сточной воде. Исследования были проведены на обычной воде (pH - 7,2) и сточных водах медного и цинкового производства (кислые стоки купоросного цеха, и промывные растворы сернокислотного цеха). В качестве озонсодержащего газа использовалась озono-воздушная смесь с концентрацией озона 2,5 мг/л, полученная из осушенного воздуха в озонаторе. Эксперименты проводились при температуре $21 \pm 1^\circ\text{C}$, со скоростью подачи газовой смеси 500 мл/мин. После озонирования в течение 15, 30, 45, 60 и 75 мин были отобраны пробы и проведен анализ на содержание металлов. Процесс сопровождался образованием осадка (металлы и неметаллы).

При изучении изменения pH вод различного типа при озонировании, установлено, что в течение 40 мин для всех проб воды произошло падение pH до значений 1,5-1,8 (рис. 1).

Скорость разложения озона во всех случаях максимальна, причиной являющиеся примеси, присутствующие в сточной воде, в частности соли жесткости.

Присутствие солей жесткости влияет на стабильность озона в воде. Кроме того, соли карбонатной жесткости способны взаимодействовать с озоном включением в цепочку радикальных реакций. При барботировании сточной воды озono-кислородной газовой смесью среда практически превращается в кислую.

Растворимость озона в воде возрастает с увеличением концентрации озона в газовой фазе, подмешиваемой в воду. Содержание образуемого радикала OH- возрастает и благодаря этому, pH реакционной смеси увеличивается. При небольшой концентрации озона скорость изменения ΔpH воды прямо пропорциональна количеству подаваемого озона. Взаимодействие озона с водой в интервале концентрации от 0 до 0,3 ммоль/л имеет первый частный порядок по озону. Кроме того характер наблюдаемой зависимости в исследуемом интервале концентрации озона позволяет также сделать вывод, что растворимость комплексного соединения озона с водой подчиняется законом Генри. При повышении содержания озона в озonoкислородной смеси более 0,3 ммоль/л порядок реакции по нему изменяется на нулевой.

В результате проведенных исследований установлено, что растворение озона в воде обусловлено изменением pH раствора, которое можно объяснить образованием комплекса $[\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$. Образующийся комплекс имеет ограниченную растворимость в воде, имеющую значение при 20°C равное $\Delta\ln C = \text{pH}_{\text{раствора}}$.

Организация контакта озона со сточными водами зависит от вида загрязняющего компонента и ионов тяжелых металлов. Расход озона на 1 мг ионов металлов зависит от степени загрязнения сточных вод и времени контакта их с озono-воздушной смесью. Разложение озона в воде при разных значениях температуры показано на рис.2.

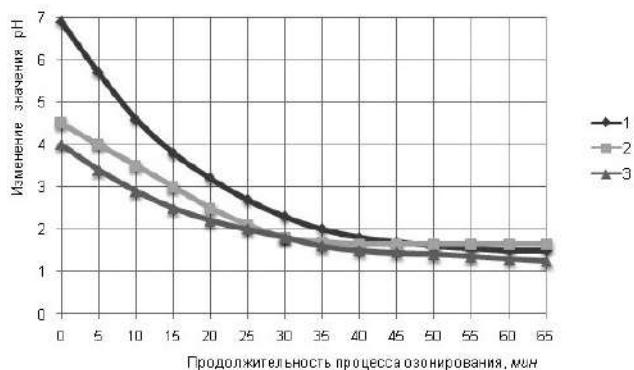


Рис.1. Изменение pH вод различных типов при озонировании: 1-обычная вода; 2- кислые стоки; 3-промывные растворы

Важным показателем работы установок озонирования воды является коэффициент использования озона. Наряду с высокой реакционной способностью озона, следует учитывать и необходимость максимально полного его использования непосредственно в контакте со сточной водой.

Примеси в сточных водах находятся в виде ионов и мелких частиц. Озон находится в газообразном состоянии в смеси с воздухом. Процесс очистки сточных вод озоном является многостадийным, включающим в себя основные этапы: переход озона из озono-воздушной смеси в воду; растворение озона в воде; диффузия озона в зону реакции с ионами и мелкими частицами сточной воды; реакция окисления.

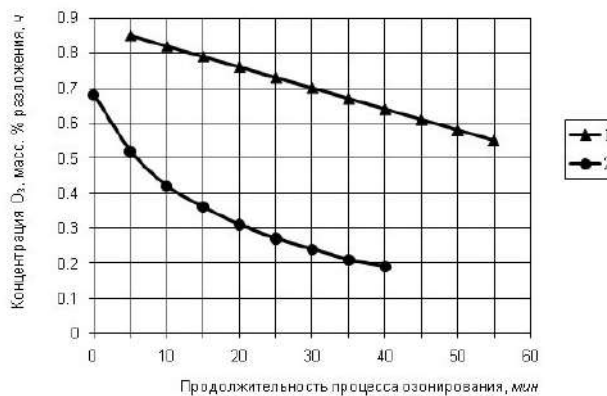


Рис.2. Разложение озона в воде при различных температурах: 1 - 20°C, 2 - 80°C

В объем очищаемой воды озон подается в составе озono-воздушной смеси. При равных условиях количество озона, которое растворится в воде, зависит от его концентрации в озono-воздушной смеси, площади и времени контакта озono-воздушной смеси с водой. Переход озона в воду и последующее его растворение происходит через границу раздела сред воздух-вода. Эффективность процесса при одном и том же значении концентрации озона в озono-воздушной смеси и температуре воды тем выше, чем больше площадь границы раздела сред и больше время, которое может быть использовано для этого процесса. Указанная задача решается путем тонкого диспергирования озono-воздушной смеси в объеме очищаемой воды и увеличением объема очистного устройства. Последнее при неизменной производительности работы очистного устройства приводит к повышению времени присутствия очищаемой воды в устройстве и времени растворения озона в воде.

Диффузия озона в зону реакции зависит от концентрации озона в воде и концентрации ионов и мелких частиц сточной воды. Концентрация озона в воде зависит от нескольких процессов - процесса постоянного поступления озона в объем очищаемой воды и процесса его расходования на реакцию окисления и самораспад. В результате этих процессов концентрация озона в воде изменяется (рис. 3).

Кривые 1 и 2 соответствует случаю, когда соотношение концентраций сточной воды и озона таково, что в очищаемой воде поддерживается некоторое избыточное содержание озона. В зависимости от величины этого соотношения избыточное содержание озона может

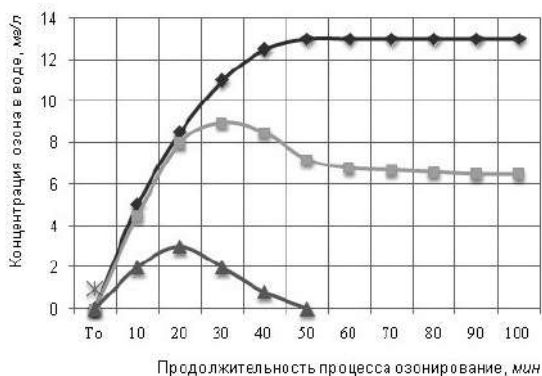


Рис.3. Изменение концентрации озона в очищаемой воде: 1-обычная вода, 2-кислые стоки, 3-промывные растворы. Т₀-начало подачи озона в объем очищаемой воды

быть больше (кривая 1) или меньше (кривая 2). При более высоких концентрациях в сточных водах может возникать ситуация, когда весь поступающий озон расходуется на процессы окисления и распада, и тогда его концентрация в воде в некоторый момент времени становится равной нулю (кривая 3). Причем лимитирующей стадией могут быть разные этапы этого процесса в зависимости от концентрации озона и сточной воды, температуры воды и давления. При постоянном объеме очищаемой воды и постоянной подаче озона в очистное устройство наиболее быстро протекают первые стадии процесса окисления, наблюдаются высокие значения концентрации озона и примесей сточной воды. Затем скорость процесса окисления снижается, так как в ходе реакции снижается концентрация примесей сточной воды и увеличивается расстояние и время диффузии реагирующих веществ в зону реакции.

Время нахождения очищаемой воды в очистном устройстве определяется как:

$$T = V / Q,$$

где, V – объем устройства;

Q – производительность устройства.

Регулируя V или Q, можно изменять время t. Достаточным временем процесса очистки является время, когда остаточная концентрация примесей стала равна нулю (t=T₃) для кривой 3 или перестала меняться (t=T₂) для кривой 2. В последнем случае достигнута требуемая очистка – $C/C_0 = (C/C_0)_{пр}$ (рис.4).

Изменение остаточной концентрации примесей сточной воды может происходить до определенного уровня, в том числе и до нуля, после чего изменение прекращается. Момент прекращения изменений и остаточная концентрация примесей сточной воды являются основными технологическими характеристиками процесса и зависят от концентрации озона в воде и начальной концентрации примесей сточной воды.

Таким образом, видно, что процесс окисления озонном примесей сточной воды является многостадийным. Причем лимитирующей стадией могут быть разные этапы этого процесса в зависимости от концентрации озона и примесей сточной воды. Наиболее быстро первые стадии процесса окисления протекают при больших значениях концентрации озона и примесей сточной воды. При этом концентрация озона должна быть больше. Реакцию окисления условно можно считать законченной в момент появления хлопьевидной массы частично окисленных примесей сточной воды, которую можно выделить в последующем фильтровании.

Для определения эффективности использования озона при значительных диффузионных сопротивлениях массопереносу из газовой фазы в жидкую, изучен расход озона-воздушной смеси (ОВС).

Установлено, что с увеличением расхода ОВС до 50 л/ч возрастает степень окисления примесей (об этом свидетельствует выпадение осадка). Выбранный режим – расход ОВС 50 л/ч с концентрацией озона 2,5 мг/л позволяет достичь максимальной степени окисления примесей и выйти в кинетическую область протекания процесса.

На степень очистки сточной воды оказывает влияние время озонирования, концентрация металла переменной валентности и начальное значение pH среды. С понижением начального значения pH среды, повышением концентрации катализатора и времени озонирования возрастает степень окисления примесей сточной воды.

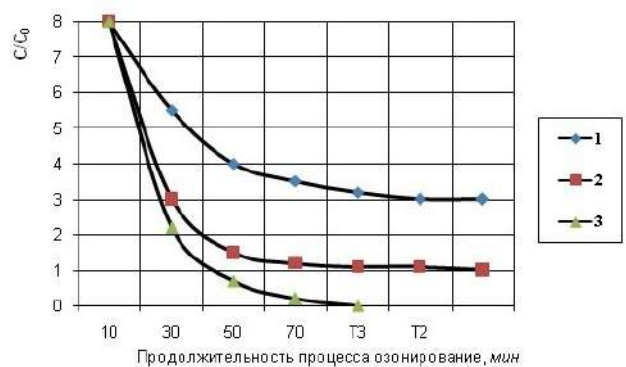


Рис.4. Изменение остаточного содержания примесей сточной воды: 1-обычная вода, 2-кислые стоки, 3-промывные растворы. С и С₀ – текущая и начальная концентрации ионов и мелких частиц

Проведенные исследования влияния начального значения pH среды на интенсивность окисления, которую определяли по изменению значения химического потребления кислорода сточной воды, показали, что окисление углеводородов как озона-воздушные смеси, так и кислородом воздуха протекает интенсивно в первые 15 мин практически во всех случаях. Затем скорость окисления снижается.

Максимум очистки сточных вод в кислой среде можно объяснить химическим процессом, сопровождающимся укрупнением молекул ионов и образованием осадка, что подтверждается количеством образующейся твердой мелкодисперсной фазы.

Интенсивность окисления сточных вод увеличивается с повышением температуры, но при продолжительности 70-80 мин степень очистки сточных вод не зависимо от роста температуры одинаковая.

При протекании процесса в течение первых трех минут происходит взаимодействие озона с легкоокисляемыми веществами в сточной воде. Однако, содержание примесей заметно уменьшается после 10-минутной обработки, затем стабилизируется. Можно предположить, что в процессе озонирования идет не только поверхностное окисление металлов, но образование пероксидов, которые, диффундируя вглубь частиц, вызывают вторичные окислительные процессы.

Показано, что в процессе озонирования сточной воды происходит увеличение содержания активного кислорода, уменьшение величины бромного числа, характеризующее наличие двойных связей. Молекулярная масса в процессе озонирования в целом изменяется незначительно. Появление полярных групп в структуре сточной воды приводит к увеличению температуры размягчения. С другой стороны, увеличение концентрации раствора сточной воды приводит к снижению степени озонирования (содержание озонидных групп), уменьшению молекулярной массы и температуры размягчения. Увеличение температуры процесса не оказывает существенного влияния на степень озонирования, но приводит к снижению молекулярной массы и температуры размягчения.

В продуктах окисления присутствуют соединения с большей молекулярной массой, которых в исходной сточной воде не наблюдалось. Их появление можно объяснить тем, что в процессе озонирования, помимо окисления, очевидно, происходят процессы конденсации углеводородов и образующихся в качестве промежуточных частиц ароматических радикалов, возникающих в результате радикальных процессов, друг с другом или с алифатическими радикалами, а также вследствие дегидратации продуктов озонлиза.

Степень удаления (B, %) вещества из раствора оценивали по его убыли, используя формулу:

$$B = \frac{(C_{нач} - C_{ост})}{C_{нач}} * 100$$

где, C_{нач} и C_{ост} - начальная и остаточная концентрации примесей в растворе.

Для проведения исследований были отобраны маточные растворы цеха производства редких металлов Медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК» (ЦПРМ МПЗ) и промывные растворы серно-кислотного цеха Цинкового завода АО «Алмалыкский

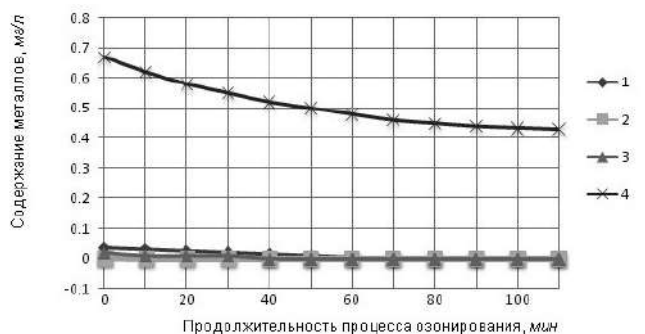


Рис.5. Влияние времени озонирования на содержание примесей кислотных стоков купоросного цеха: 1-Cu; 2-Zn; 3-Fe; 4-SO₄; 5-Al

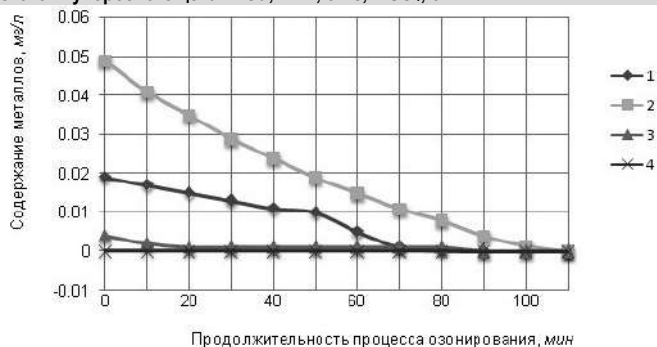


Рис.6. Влияние времени озонирования на содержание примесей промывных растворов СКЦ: 1-Cu; 2-Zn; 3-Fe; 4-SO₄; 5-Al

ГМК» (СКЦ ЦЗ). В ходе исследования изучены зависимости концентрации ионов металлов в растворе от времени обработки.

Из рис. 5 и 6 видно, что за 60 мин обработки концентрация металлов уменьшилась до уровня <0,1 мг/л, что на порядок ниже ПДК металлов в воде. Значение pH раствора увеличилось от 6,5 до 7,5. Отфильтрованная жидкость при времени обработки больше 60 мин была прозрачной и бесцветной.

Анализ ИК-спектров показал, что при озонировании в исследуемом растворе происходит накопление кислородсодержащих функциональных групп (OH, C=O, S=O).

Эффективность обработки сточных вод озоном представлена в табл. 1. В результате озоновой обработки в компонентном составе сточных вод изменяется соотношение индивидуальных соединений. Содержание металлов, составляющего основную долю металлосодержащих компонентов, уменьшается при озонировании на 90-96%.

Таким образом, озонирование может быть использовано в качестве эффективного способа нейтрализации сточных вод металлургического производства.

Очистка воды озоном. Озонирование сточных вод представляет собой процесс абсорбции, сопровождающийся необратимой химической реакцией в жидкой фазе. Вследствие химической реакции движущая сила возрастает, и процесс протекает быстрее, нежели в случае простой физической абсорбции. Для повышения скорости процесса в диффузионной области необходимо увеличивать поверхность соприкосновения фаз. Для процесса абсорбции эффективным является также повышение давления. Для озонирования промышленных сточных вод используют аппараты различной конструкции.

Таблица 1

Компонентный состав исходной и обработанной сточной воды

Состав исходной сточной воды			Состав сточной воды после обработки озоном		
Соединение	Концентрация веществ, мг/л	Содержание от суммарного количества определенных веществ, %	Соединение	Концентрация веществ, мг/л	Содержание от суммарного количества определенных веществ, %
Cu	19-35	2,50 - 2,81	Cu	1	10,73
Zn	1-49	0,13 - 3,93	Zn	0,3	3,22
Fe	41-200	5,39 - 16,05	Fe	0,01	0,11
Mo	0,27-2	0,04 - 0,16	Mo	0,01	0,11
Al	50-60	4,82 - 6,57	Al	3	32,19
Сульфаты	650-900	72,23 - 85,38	Сульфаты	5	53,65
Суммарное содержание веществ		100	Суммарное содержание веществ	9,32	100

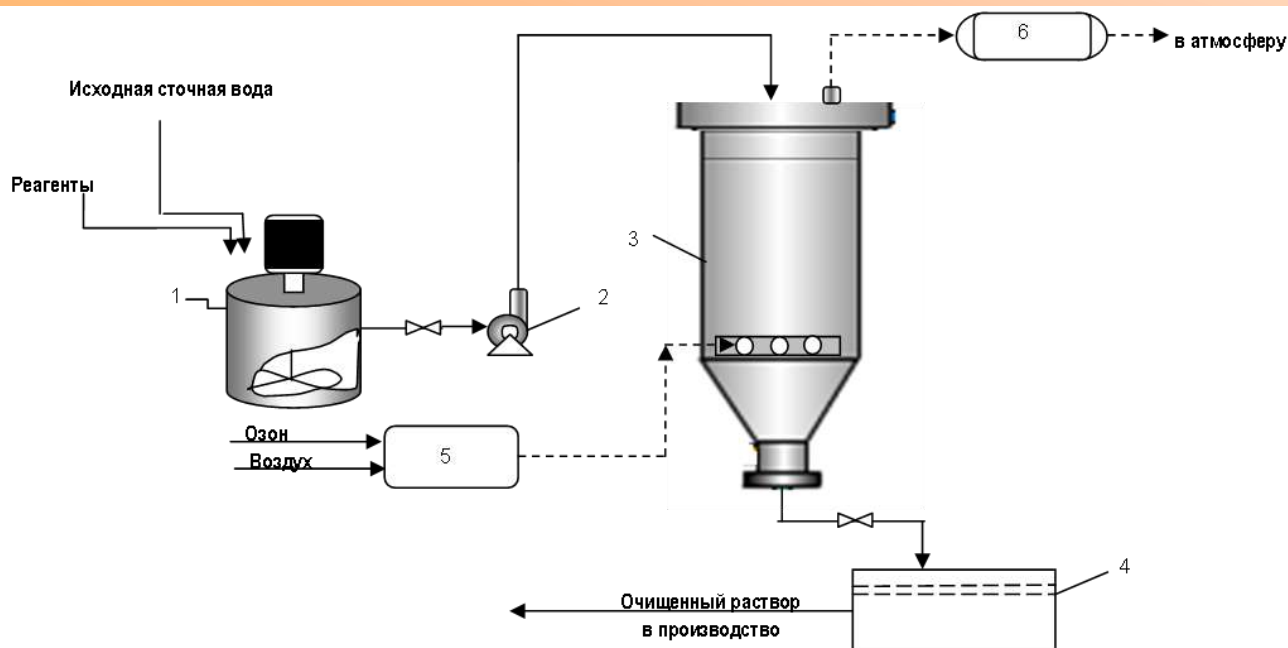


Рис.7. Принципиальная технологическая схема установки очистки сточных вод озонированием: 1- смеситель; 2-насос; 3-барботажный абсорбер; 4-сборник очищенных растворов; 5- озоно-воздушная камера; 6-аппарат для очистки отходящих газов

Таблица 2

Результаты укрупненно-лабораторных испытаний по очистке сточных вод ЦПРМ МПЗ озоном

Содержание в маточном растворе ЦПРМ МПЗ, мг/дм ³	рН раствора	Содержание в растворе после очистки озоном, мг/дм ³					Выход осадка, г/дм ³	Степень очистки сточных вод, %					
		Mo	Cu	Zn	Fe ²⁺	Fe ³⁺		Mo	Cu	Zn	Fe ²⁺	Fe ³⁺	
Mo	3710	5	1632	275	80	115	2,1	6,55	56	88	65	26	96
Cu	2289	6	1298	92	57	103	0,5	7,6	65	96	75	34	99
Zn	228	7	297	22	14	56	сл.	9,4	92	99	94	64	100
Fe ²⁺	156	8	74	сл.	2,2	12	сл.	9,8	98	100	99	92	100
Fe ³⁺	53	9	сл.	сл.	сл.	1,5	сл.	10,1	100	100	100	99	100

Таблица 3

Результаты очистки кислых стоков купоросного цеха МПЗ и промывных растворов СКЦ ЦЗ озоном

Содержание в кислых стоках купоросного цеха МПЗ, мг/дм ³		Содержание в промывных растворах СКЦ ЦЗ, мг/дм ³		рН раствора	Содержание в растворе после ионной флотации кислых стоков купоросного цеха МПЗ, мг/дм ³					Содержание в растворе после ионной флотации промывные растворы СКЦ ЦЗ, мг/дм ³				
Mo	Cu	Zn	Fe ²⁺		Fe ³⁺	Mo	Cu	Zn	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mo	Cu	Zn	Fe ²⁺
Mo	2	Mo	0,27	5	0,8	4,2	0,35	8,8	0,32	0,11	2,2	17,2	1,8	0,06
Cu	35	Cu	19	6	0,7	1,4	0,25	8,0	0,08	0,09	0,76	12,2	1,6	0,01
Zn	1	Zn	49	7	0,16	0,35	0,06	4,3	сл.	0,02	0,2	3,0	0,9	сл.
Fe ²⁺	12	Fe ²⁺	2,5	8	0,04	сл.	0,01	0,96	сл.	сл.	сл.	0,5	0,2	сл.
Fe ³⁺	8	Fe ³⁺	1,5	9	сл.	сл.	сл.	0,1	сл.	сл.	сл.	сл.	0,02	сл.

Для проведения исследований по очистке кислых стоков ЦПРМ МПЗ и промывных растворов СКЦ ЦЗ была изготовлена барботажная колонна высотой 0,5 м, оборудованная мелкопористым фильтром с диаметром пор 70-100 мкм для диспергирования озono-воздушной смеси, а так же штуцерами для отвода отработанного газа и периодического отбора проб обрабатываемой воды. Реактор работает в проточном режиме по газовой фазе и непроточном по жидкой. Принципиальная технологическая схема установки представлена на рис.7.

Сточная вода поступает в смеситель 1, в котором смешивается с реагентами для получения требуемого значения рН, и далее насосом 2 подается в барботажный абсорбер 3, а оттуда – в сборник очищенной воды 4. Озоно-воздушная смесь поступает в барботажный абсорбер с озонового баллона 5. Отработанные газы из абсорбера направляются в аппарат 6 для очистки и затем сбрасывается в атмосферу.

При проведении опытов озono-воздушная смесь подавалась в реактор с расходом 0,25 л/мин, и концентрацией озона С = 6,0 мг/л. Начальные значения рН были в пределах 4-5. Температура растворов постоянно поддерживалась на уровне 20°С. Полученные данные об изменении концентрации ионов металлов в зависимости от рН раствора представлены в табл.2.

Результаты экспериментов показывают что, максимальное извлечение металлов в осадок наблюдается при рН=8÷9. Степень очистки металлов составляет 100%.

Также были проведены эксперименты по очистке кислых стоков купоросного цеха МПЗ и промывных растворов СКЦ ЦЗ озоном. Условия проведения опытов: концентрации озона 6 мг/л, расход озono-воздушной смеси 0,25 л/мин, температура растворов 20°С, продолжительность очистки 20 мин. Результаты опытов приведены в табл.3.

Эффективность процесса в значительной степени зависит от рН обрабатываемого раствора. Во всем рассматриваемом интервале значений рН раствора происходит осаждение металлов. Максимальная степень извлечения Mo, Cu и Zn в осадок наблюдается при 9, 8 и 7 соответственно.

Наиболее полно осаждение протекает в близких средах, соответствующих нахождению металлов в форме гидроксидов.

На основании полученных экспериментальных данных рекомендуемая технологическая схема очистки сточных вод медного и цинкового производства озоном представлена на рис.8.

В результате проведенных исследований определены оптимальные значения рН раствора при котором достигается практически полное осаждение ионов металлов в виде осадка.

1. Установлено, что под воздействием озона химический состав соединений осаждаемых металлов меняется.

2. Выявлена возможность интенсификации процесса окисления

путем использования катализаторов. Установлено, наибольшей активностью обладают соли железа (II и III).

3. Установлено, что за 60 мин обработки сточных вод озоном, концентрация металлов (Fe, Zn, Cu) уменьшились до уровня <0,1 мг/л, что на порядок ниже ПДК металлов в воде.

4. Проведенные исследования влияния рН, температуры, катализаторов – сульфата железа (II) и диоксида марганца на процесс окисления, что позволило повысить эффективность процесса очистки на 48 – 64 %.

5. В результате проведенных исследований по окислению примесей, содержащихся в сточных водах медного и цинкового производства, определены параметры проведения процесса – расход озона, продолжительность процесса, рН среды, концентрация катализаторов, температура процесса, что позволило очистить, и вернуть сточные воды обратно в производство, а также получить осадок соединений металлов.

6. На основе полученных результатов разработана технологическая схема очистки сточных вод медного и цинкового производства озоном. Внедрение данной технологии позволит получить эколого-экономический эффект за счет очистки сточных вод, сокращения водопотребления и получения осадка соединений металлов.

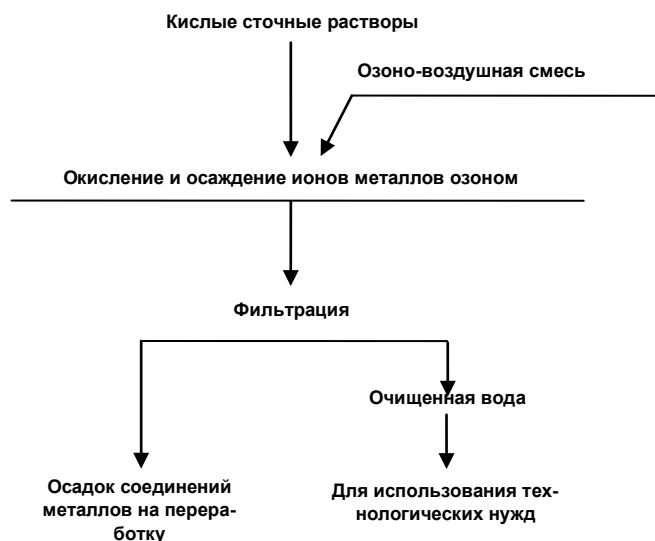


Рис.8. Рекомендуемая технологическая схема очистки сточных вод медного и цинкового производства озоном

Библиографический список:

1. Холикулов Д.Б., Курбонов Ш.К., Абдурахманов С.А., Рахмонов И., Пулатов Б. Изучение способов получения озона. Материалы VIII международной науч.-техн. конф. «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 2015.—390 с.
2. Мосин О.В. Использование озона в водоподготовке. // Сантехника, 2011, Т.4, С. 47-49.
3. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Болтаев О.Н., Екубов О.М. Очистка сточных вод озоном. Материалы Республиканской научно-технической конференции. «Новые композиционные и нанокоспозиционные материалы: структура, свойства и применение». Ташкент, 2018. С. 136-138.
4. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Самойлович В.Г. Озонирование в процессах очистки воды. М.: Изд. ДеЛипринт, 2007.395 с.
5. Алексеев С.Е. Озонирование в технологии очистки сточных вод. 23- Всероссийский семинар "Озон и другие экологические чистые окислители. Наук и технологии". М.: Изд. МГУ, 2002. - С. 38-52.
6. Алексеев С.Е. Исследования окисления органических загрязнений сточных вод озоном и разработка оценки эффективности процесса. Вестник РАН., 2002. Т.2, №3. С 45-49.
7. Воронов Ю.В. Оценка эффективности очистки сточных вод озонированием. Изв. вузов. Строительство.2002, №12. С. 62-66.
8. Алексеев С.Е. Направление интенсификации реакторов озонирования сточных вод с учетом кинетических особенностей процесса. Шестая традиционная научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и докторантов "Строительство - формирование среды жизнедеятельности". М.: МГСУ, 2003. К.1. С. 84-86.
9. Захаров И.В. Очистка производственных стоков, содержащих масла и нефтепродукты машиностроительных предприятий "Научно-техническая конференция МИОУ. М.: МИКХиС, 2003. 53 с.
10. Алексеев С.Е. Исследование процессов озонирования для интенсификации очистки сточных вод. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2005. 25 с.
11. Можаяев Л.В., Помозов И.М., Романов В.К. Озонирование в водоподготовке. История и практика применения // Водоочистка. М.: 2005, №6.С.54 - 59.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 90-95

RESEARCH ON WASTE WATER TREATMENT OF COPPER AND ZINC OZONE PRODUCTION

¹Kholiqulov D.B., Deputy Director for Research and Innovation, PhD, associate professor, doniyor_xb@mail.ru

²Normurotov R.I., Leading Engineer of the Innovation and Technical Service of the Ore Administration "Hydro Metallurgical Plant-1", Ph.D., associate professor, r.normurotov@ngmk.uz

¹Tashkent State Technical University, Almalyk, Uzbekistan

²Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract:

The article explores the process of wastewater treatment of copper and zinc production by ozone. The solubility of ozone in ordinary and waste water was studied. Changes in the concentration of ozone and metal ions were studied depending on the pH of the solution and temperature. Studies have been conducted on wastewater treatment from heavy metal ions by ozone.

As a result of studies on the oxidation of impurities contained in the wastewater of copper and zinc production, the parameters of the process are determined - ozone consumption, process duration, pH, catalyst concentration, process temperature, which made it possible to purify and return the wastewater back to production, and also get a precipitate of metal compounds.

It was found that over 60 min of wastewater treatment with ozone, the concentration of metals (Fe, Zn, Cu) decreased to a level of <0,1 mg/l, which is an order of magnitude lower than the MPC of metals in water. The degree of purification of metals was 98%.

Based on the results obtained, a technological scheme of wastewater treatment of copper and zinc production by ozone was developed.

Keywords: ozone, solution, purification, wastewater, pH, decomposition, oxidation, metal extraction, impurities, temperature, dissolution rate, gas, degree of purification, ecology, copper production, purification methods, concentration of harmful substances, catalyst, zinc.

References

1. Kholiqulov DB, Kurbonov Sh.K., Abdurakhmanov SA, Rakhmonov I., Pulatov B. The study of methods for producing ozone. Materials of the VIII international scientific and technical. conf. "Mining and metallurgical complex: achievements, problems and current development trends." - Navoi, 2015. - 390 p.
2. Mosin OV The use of ozone in water treatment. // Plumbing, 2011, Т. 4, pp. 47-49.
3. Kholiqulov DB, Yakubov MM, Boltaev ON, Yekubov OM Wastewater treatment with ozone. Materials of the Republican scientific and technical conference. "New composite and nanocomposite materials: structure, properties and applications." Tashkent, 2018,pp. 136-138.
4. Draginsky V.L., Alekseeva L.P., Samoilovich V.G. Ozonation in water purification processes. M.: Publishing. DeLiprint, 2007. 395 p.
5. Alekseev S.E. Ozonation in wastewater treatment technology. 23th All-Russian Seminar "Ozone and Other Ecological Pure Oxidizing Agents. Nauk and Technologies". M.: Publishing. Moscow State University, 2002. -- pp. 38-52.
6. Alekseev S.E. Studies of the oxidation of organic wastewater pollution by ozone and the development of an assessment of the effectiveness of the process. Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences., 2002. V.2, No. 3. pp 45-49.
7. Voronov Yu.V. Evaluation of the effectiveness of wastewater treatment by ozonation. Izv. universities. Construction. 2002, No. 12. pp. 62-66.
8. Alekseev S.E. The direction of intensification of wastewater ozonation reactors taking into account the kinetic features of the process. Sixth traditional scientific-practical conference of young scientists, graduate students and doctoral students "Construction - the formation of the living environment." M.: MGSU, 2003.K.1. pp. 84-86.
9. Zakharov I.V. Purification of industrial effluents containing oils and oil products of machine-building enterprises "Scientific and Technical Conference of the Moscow Institute of Science and Technology. M.: MIKHiS, 2003. 53 p.
10. Alekseev S.E. The study of ozonation processes to intensify wastewater treatment. The dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow, 2005.
11. Mozhaev L.V., Pomozov I.M., Romanov V.K. Ozonation in water treatment. History and practice of application // Water treatment. M.: 2005, No. 6. pp. 54 - 59.

КАРЬЕРЛАРНИНГ АВТОМОБИЛ ЙЎЛЛАРИДАГИ ЧАНГЛАРНИ БОСТИРИШ УЧУН ПРЕПАРАТЛАР ЯРАТИШ ВА УЛАРНИНГ ХОССАЛАРИНИ ТАДҚИҚОТИ



Муҳиддинов Б.Ф.,
НДКИ кимё технология
профессори,
т.ф.д.



Мустакимов О.М.,
НКМК МКБ
директори,
PhD доктори



Ваповев Х.М.,
НДКИ кимё технология
кафедра мудири,
ScD доктори

Changni yo'qotish uchun mahalliy xom ashyo asosida tayyorgarlik ishlab chiqilgan. Yaratilgan dorilarning mustahkamligi va yopishqoqligi tarkibiy qismlarning kontsentratsiyasi va haroratiga bog'liq. Preparatning yechimini tayyorlash uchun yarim sanoat moslamasi yaratilgan bo'lib, u umumiy nuqtai nazar va uni tayyorlash jarayoni haqida ma'lumot beradi. Maxsus BelAZ mashinasi yordamida eritmani karerada tayyorlang va natijalarni tahlil qiling.

Tayanch iboralar: *texnik krakhmal, kal'tsiy khlorid, Muruntau, Myutenbay, preparat, chang bostirish, kontsentratsiya, eritma, kovushkok, ik, zichlik, khomasho, avtomobil yullari, temperatura.*

Разработаны пылеподавляющие препараты на основе местного сырья. Изучены вязкости и плотности разработанных препаратов в зависимости от температуры и концентрации компонентов. Приведен общий вид разработанной полупромышленной установки для приготовления растворов препарата и процесс его приготовления. Также приведен способ полупромышленных дорог карьера специальной машины БелАЗ и обсуждены полученные результаты исследований.

Ключевые слова: *технический крахмал, хлористый кальций, Мурунтау, Мютенбай, препарат, пылеподавление, концентрация, раствор, вязкость, плотность, сырьё, автомобильная дорога, температура.*

Мамлакатнинг иқтисодий ривожланиши ер ости ва ер усти бойликларини қазиб олиш, қайта ишлаш жараёни билан бевосита боғлиқ. Хусусан ер ости бойликларини қазиб олиш жараёнида катта ва оғир техникалардан фойдаланишга тўғри келади. Бугунги кунда Мурунтау карьериди 650 метр чуқурдан рудалар қазиб олинмоқда. Карьерларда асосан БЕЛАЗ ва КАТЕРПЕЛБЕР автомашиналари рудаларни ташийти. Рудаларни ташиш жараёнида автомобиль йўлларида чанг кўп миқдорда кўтарилиши натижасида кўриш даражаси жуда камайиб, автомобилларни кўриш имконияти ҳам йўқолади. Бу эса ўз навбатида йўл транспорт ҳодисаларини келтириб чиқаради ҳамда оғир ва қимматбаҳо техникаларни ишлаш муддатларини сезиларли даражада камайтиради.

Бундан ташқари, йўлларнинг чангиши карьерларда ишлаётган ходимларни хавфсизлигига ва соғлигига салбий таъсир кўрсатади. Чунки ўта майда заррачалар таркибида зарарли оғир металллар кўп миқдорда бўлиб инсон саломатлигига салбий таъсир этиб, турли хил касб касалликларини келтириб чиқаришга сабаб бўлади.

Бугунги кунда, дунёдаги энг йирик конлардан бири бўлган Мурунтау карьери ва карьер атрофидаги йўллар 65 км дан ортиқ масофани ташкил этади. Шу сабабли, карьер ва карьер атрофидаги йўллардаги чангларни бостириш учун препаратлар яратиш муҳим аҳамият касб этади. Яратилган препаратлар чангларни бостириши натижасида йўлларда кўриш даражаси ортиб, йўл транспорт ҳодисалари камайтирилади, оғир ва қимматбаҳо техникаларни эксплуатация қилиш ва таъмирлаш муддатларини ортишига олиб келади ва натижада улар учун сарфланадиган харажатлар миқдори бирмунча камайтирилади. Энг асосийси, чанг бостирилиши натижасида ишчи ходимларга тоза ҳаво ва меҳнат қилишлари учун яхши шароитлар яратилади.

Қатор йиллар мобайнида Навоий давлат кончилиқ институти (НДКИ) олимлари ва Навоий кон-металлургия комбинати инженер техник ходимлари ҳамкорлигида бу борада карьер ва карьер атрофидаги йўлларни чангларини бостириш учун маҳаллий хом ашёлар асосида қатор препаратлар яратилиб, синаб кўрилди. Препаратларни таркибини ўзгартириб чанг бостириш учун қулай ва арзон препаратлар ишлаб чиқариш йўлга қўйилди ва карьерлардаги автомобиль йўлларида чанг бостириш имконияти яратилади. Инновация лойиҳасини бажариш натижасида республикада карьерларда, қишлоқ ва

ҳалқ ҳўжалигининг асфальт қилинмаган, шағал ва чанг автомобиль йўлларидаги чангни бостириш учун препарат яратилади. Натижада карьерларда ва ҳалқ ҳўжалигининг бошқа йўлларида техника ва ишчи-ходимларнинг ишлашлари учун қулай шарт-шароитлар яратилади. Бундан ташқари, оғир ва қимматбаҳо техникаларни эксплуатация қилиш ва таъмирлаш муддатлари ортиши натижасида улар учун сарфланадиган валюта маблағлари тежаллади.

Чанг ҳосил бўладиган жойларда чангларни (чанг чўктиргичлар билан) бевосита бостириш чанг бостириш усулининг асосий йўналиши ҳисобланади.

Чанг бостиришда (чанг бириктиришда) сув, қоришмалар, битумлар, тузлар, коллоидлар, ўсимликлар қопламаси ва бошқалардан фойдаланиш мумкин. Ҳозирги вақтда карьерларда сув ёрдамида чанг бостириш усули кенг қўлланилмоқда. Чангга қарши курашиш самарадорлиги қатор кўрсаткичларга боғлиқ бўлиб, улардан асосийси чангнинг сув билан ҳўлланиш хусусиятидир. Шунга кўра, жинслар гидрофил ва гидрофоб турларга ажралади. Қуйидаги четки бурчаклар жинсларнинг сув билан ҳўлланишининг кўрсаткичи сифатида қабул қилинган:

Кварц учун 0–10°, Халкопирит учун 46–47°, гранит учун 55–60°, олтингургут учун – 78°.

Яхши ҳўлланадиган (гидрофил) жинсларга қуйидагилар қиради: кварц, сульфидлар, силикатлар, карбонатлар ва бошқалар. Баъзи кўмирлар, графитлар, сульфидлар ва ҳ.к. ёмон ҳўлланадиган (гидрофоб) жинслар ҳисобланади. Гидрофоб чангларни бостириш учун турли чанг ҳўлловчи қўшимчалардан фойдаланилади.

Сув билан чанг бостириш ҳар бир ишлаб чиқариш жараёнида ўзига хос хусусиятга эга бўлади. Сувнинг солиштирма сарфи қуйидаги тенглама кўринишида бўлади:

$$K_{\text{св}} = K_{\text{хсм}} + K_{\text{бис}} + K_{\text{фс}} + K_{\text{вс}}$$

бунда $K_{\text{хсм}}$ – чанг заррачасини ҳўлловчи сув миқдори; $K_{\text{бис}}$ – сув сатҳининг ҳаво билан тўқнашиши натижасида буғланиши туфайли йўқотиладиган сув; $K_{\text{фс}}$ – филтрланишдаги сув йўқотилиши; $K_{\text{вс}}$ – сувнинг қўшимча йўқотилиши. Ифодадаги кўрсаткичларнинг ўлчамлари объектнинг хусусиятига боғлиқ бўлади. Масалан, скважиналарни бурғилашда – кг/м^3 ; жинсларни юклашда – кг/м^3 ; ташишда кг/см.с^2 . Чангни ҳўллашда зарур бўлган сув миқдори заррачаларнинг ёйилувчанлиги, чанг ҳажми, унинг сув талаблиги ва бошқа қатор омиллар бўйича ҳисобланади. Сувнинг

хўлловчанлигини ошириш ҳисобига сув сарфини камайтириш мумкин. Масалан, ёмон хўлланадиган кўмирни хўллашда 50 л/т сув сарф қилгандаги натижага сувга реагент кўшиш орқали 5 л/т сув сарфи билан ҳам эришиш мумкин, бунда сув сарфи 10 бараварга тежалади.

Гидрофоб чанглардан ташкил топган юзалардаги чанг заррачалари учиб ҳавога кўшилишининг олдини олиш учун юзаларни сув плёнкаси билан қоплаб қўйиш лозим бўлади [1].

Плёнканинг қалинлиги ҳар хил материаллар учун ўзгарувчан бўлади.

Сув плёнкасининг максимал қалинлиги чангланган юзага тушаётган сув томчиси диаметрига тенг деб қабул қилиш мумкин.

Томчиларнинг максимал ўлчами 5–6,4 мм дан ошмайди, ўлчамларнинг асосий ўзгариш диапазони бир неча микрондан тортиб 1 мм гача бўлади. Ёмон хўлланадиган юзаларни хўллаш учун солиштирма сув сарфи қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$K_{cc} = \delta_k \cdot \gamma_B, \text{ кг/м}^2,$$

бунда δ_k – хўлланадиган юзага тушиб, унда турадиган томчи диаметри, мм;

$$\gamma_B - \text{сўвнинг зичлиги, кг/м}^3.$$

Яхши хўлланадиган юзаларни хўллаш учун солиштирма сув сарфи қуйидагича аниқланади:

$$K_{cc} = \chi_c \cdot \gamma_B \cdot \omega_{\text{м.м.с}}, \text{ кг/м}^2,$$

бунда χ_c – хўллашнинг зарурий қалинлиги, м;

$$\omega_{\text{м.м.с}} - \text{максимал молекулар сув талаблик, \%}.$$

Хўллашнинг максимал чуқурлиги юзадаги чанг орасидаги материалларнинг йириклиги ва хўлланадиган юзадаги мавжуд юзларни ҳисобга олган ҳолда аниқланади.

Бўғланиш натижасида йўқотиладиган сув миқдори А.Р. Константинов тавсия этган формула орқали аниқланади [2]:

$$\varepsilon = 5,3 \cdot 10^{-5} \left[1 + 1,55 \left(\frac{T_n - T_2}{v_{10}^2} \right) \right] \cdot v_{10} (l_n - l_2), \text{ кг/м}^2 \cdot r$$

Бунда T_n – юза ҳарорати, °С; T_2 – юзадан 2 м баландликдаги ҳаво ҳарорати, °С; v_{10} – юзадан 10 м баландликдаги ҳаво тезлиги, м/с; l_n – юза ҳароратида тўйинган бўғнинг эластиклиги, Па; l_2 – юзадан 2 м баландликдаги бўғнинг эластиклиги, Па.

Метеорологик параметрларни таҳлил қилиш асосида аниқланган сувнинг катта миқдори бўғланишга сарфланиб, бўғланиш июл–август ойларида кунига 12–15 соатни ташкил қилади. Чунки бу ойлarda шамол тезлиги ва қуёш нурларининг юқори бўлиши кузатилади. Қуёш нури тўлқин узунлиги бўйича ултрабинафша, кўринадиган рангли ва инфрақизил нурларни ўз ичига олади ҳамда уларнинг тўлқин узунлиги мос равишда 0,1–0,4; 0,4–0,75 ва 0,76–100 мкм ни ташкил қилади. Сув йўқотилиши филтрлаш (инфилтрлаш) жараёнида хўллаш керак бўлмаган пастки қатламларга сувнинг сизиб ўтиши натижасида содир бўлади. Сув пуркаш ёки хўллаш технологияларининг такомиллашмаганлиги қўшимча сув йўқотилишига сабаб бўлади. Хўлланаётган юзадаги сувнинг бир қисми сув оқимидан сочилиб чиқаётган томчиларини ҳаво оқими олиб кетиши туфайли юзага тушмайди. Амалиётда у ёки бу жараёнларга хос бўлган хусусиятлар бўйича содир бўладиган сув йўқотишлар ҳам мавжуд [3].

Карьерларда кон жинслари ва фойдали қазилмаларни ташинишда турли хил транспорт воситаларидан фойдаланилади. Темир йўл, конвейер транспорти ва асосан автомобил транспорти карьерларда кенг қўлланадиган транспорт воситаси ҳисобланади.

Автомобил транспорт воситалари карьер йўлларида ҳаракатланганда карьер ҳавосини бошқа транспорт воситаларига нисбатан кўпроқ чанглантиради. Карьер ҳавосининг чангланлишига қарши курашишда автомобил йўлларига сув махсус БЕЛАЗ автомобиллари орқали сепилади.

Сув сепиб ювувчи машина насосининг сув етказиб беришини (унмдорлиги) қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$Q_n = K_{ccs} \cdot B_{ccs} \cdot V_{xt}, \text{ м}^3/\text{с},$$

бунда K_{ccs} – йўл юзи бирлигига бир марта сув сепилгандаги сувнинг солиштирма сарфи, $\text{м}^3/\text{м}^2$; B_{ccs} – сув сепиш кенглиги, м; V_n – сув сепиш машинасининг ҳаракатланиш тезлиги, м/с.

Насосининг босими қуйидагича аниқланади:

$$X_n = X \pm X_r + \Sigma \chi_i, \text{ Па},$$

бунда X – жўмракдан чиқаётган сувнинг босими, Па; X_r – насос ўқи билан жўмрак ўрнатилган жой орасида вертикал баландлик туфайли ҳосил бўладиган босим, Па; $\Sigma \chi_i$ – қувурлар тармоқларида йўқотиладиган босимлар йиғиндиси, Па.

Чангни бостиришдаги сувнинг солиштирма сарфи унинг бўғланиш жадаллигига боғлиқ бўлиб, қуйидаги ифода [3] орқали аниқланиши мумкин (бўғланиш жадаллиги ўз навбатида метеорологик омилларга боғлиқ бўлади):

$$Q_{p.g} = 5,3 \cdot 10^5 \left(1 + 1,55 \frac{T_n - T_{ю}}{V_{10}^2} \right) (L_n - L_2) \cdot V_{10} \cdot K_{ч}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{соат}$$

бунда $T_{ю}$ – йўл юзининг ҳарорати, °С; T_n – йўл юздан 2 м баландликдаги ҳаво ҳарорати, °С; V_{10} – йўл юздан 10 метр баландликдаги ҳаво оқими тезлиги, м/с; L_n – йўл юзи ҳароратида тўйинган бўғнинг эластиклиги, Па; L_2 – йўл юздан 2 метр баландликдаги бўғнинг эластиклиги, Па; $K_{ч}$ – йўл четларига тушадиган ва ўтиб кетаётган машиналар олиб кетадиган сувлар ҳисобига қўшимча сув йўқотилишини ҳисобга олиш коэффициентини.

Илмий адабиётлар ва статистик маълумотларни таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, карьерлардаги автомобил йўлларида сув сепиш, айниқса, ҳаво ҳарорати 40–50°С бўлганда бир кунда камида 6–7 марта сув сепишга тўғри келади. Ёки сув сепиб улгурмасдан яна қуриб, чанг кўтарила бошлайди.

Бу чанг бостирувчи препаратларни яратиши ва синовдан ўтказишни тақозо қилади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллий-лаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида» ги Фармонида асосан ишлаб чиқариладиган маҳсулотлар асосан маҳаллий хомашёлар асосида бўлишини талаб этади [5]. Шу сабабли, чанг бостирувчи препаратлар яратишга алоҳида эътибор қаратилди.

Ушбу ишда маҳаллий хомашёлардан модификацияланган техник крахмал ва «Навоазот» АЖ ишлаб чиқариладиган кальций хлорид асосида препарат яратилди ва Мурунтау карьерида синовдан ўтказилди.

Техник крахмал эритмаси композицияларининг реологик хоссаларини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади.

Техник крахмал ва унинг композицияларининг кальций хлорид билан турли температура ва концентрацияларда қовушқоқлиги ва зичликлари ўрганилди.

Стокс усули ёрдамида техник крахмал эритмасининг кальций хлорид билан қовушқоқлиги турли концентрация ва температураларда тадқиқ қилинди. Олинган натижалари қуйидаги 1-жадвалда келтирилган.

Анализ натижаларининг таҳлили (1-жадвал) шуни кўрсатадики, крахмалнинг концентрацияси ортиб бориши билан композициянинг қовушқоқлиги ҳам ортиб боради. Шунингдек, крахмал аралашмасининг қовушқоқлигига температуранинг таъсири ҳам ўрганилди (1-жадвал, 1-расм). Тадқиқот натижаларига кўра, ҳароратнинг 20°С дан 50°С га қадар кўтарилиши натижасида аралашманинг қовушқоқлиги 0,082 дан ва 0,0577 с/Па гача камаяди. Бу эритмадаги эриган модда молекулалари орасида молекулаларо таъсир кучларининг камайиши билан изоҳланади.

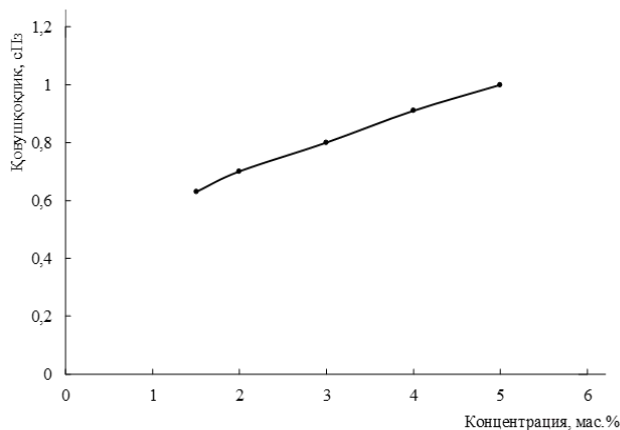
1-жадвал

Турли температура ва концентрацияларда техник крахмал ва унинг композициялари қовушқоқлиги

№ т/р	Композиция таркиби	Компонентлар концентрацияси, масс, %	Температура, °С			
			Қовушқоқлик, с/Па			
			20	30	40	50
1.	Краxмал	2,0	0,082	0,077	0,0700	0,0570
2.	Краxмал	5,0	0,087	0,082	0,0740	0,0200
3.	Краxмал	8,0	0,290	0,280	0,230	0,207
4.	Краxмал	10,0	0,592	0,587	0,270	0,233
5.	Краxмал	15,0	4,140	4,130	3,080	2,730
6.	Краxмал+CaCl ₂	2,0+2,0	0,215	0,21	0,199	0,197
7.	Краxмал+CaCl ₂	2,0+5,0	0,236	0,23	0,221	0,219
8.	Краxмал+CaCl ₂	2,0+8,0	0,359	0,35	0,331	0,329
9.	Краxмал+CaCl ₂	2,0+10,0	0,828	0,81	0,799	0,796

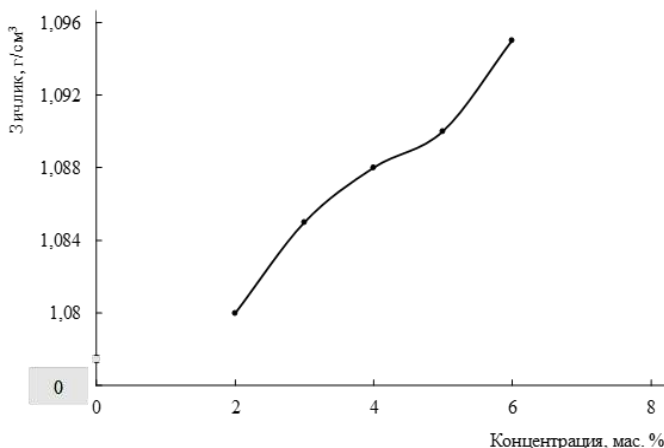
Шунингдек, чанг бостирувчи препарат таркибидаги кальций хлорид концентрациясининг таъсири ҳам тадқиқ қилинди. Анализ натижаларининг таҳлили (1-жадвал) шуни кўрсатадики, кальций хлорид концентрацияси ортиб бориши билан композициянинг қовушқоқлиги ҳам ортиб боради.

Демак, чанг бостирувчи препаратнинг қовушқоқлиги техник крахмал, кальций хлоридларнинг концентрацияларига ва эритманинг температурасига боғлиқ экан.



1-расм. Чанг бостирувчи препаратнинг қовушқоқлигини крахмал концентрациясига боғлиқлиги ([CaCl₂]=3 мас.%)

Бундан ташқари, чанг бостирувчи препаратнинг зичлиги ҳам ўрганилди. Олинган натижалар 2-расмда келтирилган.



2-расм. Чанг бостирувчи препаратнинг зичлигини крахмал концентрациясига боғлиқлиги ([CaCl₂]=3 мас.%)

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, кальций хлорид крахмалнинг эрувчанлигини оширади. Бунга сабаб кальций хлориднинг сувда эриши экзотермик жараён бўлганлиги сабабли, сувнинг ҳарорати 40-50°C атрофида ортади. Натижада, крахмал эрувчанлигининг ортиши кузатилади. Бу кальций хлоридни крахмал макромолекулалари билан хелат бирикмалар ҳосил қилиш билан ҳам изоҳланади.

Америкаликлар тадқиқотларига [6] кўра, шаҳарлардаги ўлимга қадар олиб борувчи касалликларнинг 10% га яқини атмосферанинг ифлосланиши натижасида келиб чиқмоқда. Ҳавонинг улкан ифлосланишига кончилиқ-бойитиш комбинатларининг ҳам чанги сабаб бўлмоқда.

Чангнинг кўп миқдорда ҳосил бўлишига атрофни ўраб турган релефларда катта миқдорда "яланглик" майдонларнинг ҳосил бўлиши сабаб бўлмоқда.

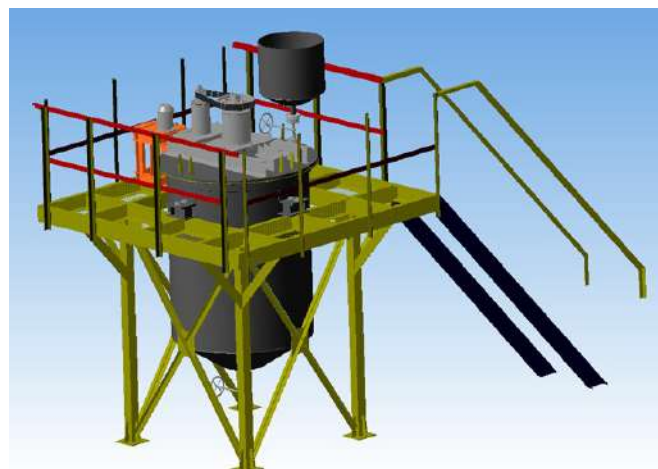
Бунинг оқибатида майда дисперсли зарралар атмосферанинг кўйи оқимига тушиши кузатилади. Темир рудали чанг зарраларнинг ҳаво таркибига қўшилиши максимал концентрациясининг сезиларли ортиши инсон саломатлиги учун таҳдид солади ва бу ўз навбатида чанг ҳосил бўлишини тўхтатиш учун технологик жараёнларни ишлаб чиқишга ундайди.

Энг кўп қўлланиладиган жараён бу гигроскопик тузларни ишлатиш билан боради, бу энг арзон, технологик ва атроф муҳитга минимал салбий таъсир кўрсатувчи усул ҳисобланади.

Техник крахмал ва кальций хлориднинг сувли эритмасини тайёрлаш учун махсус ярим саноат қурилма яратишни талаб

этади. Шу сабабли, реакторнинг ҳажми 3 м³ (3 тонна) қурилма яратилди.

Қурилмани яратиш учун зарур бўлган деталларнинг конструкцион чизмалари Марказий кон бошқармаси конструкторлари билан ҳамкорликда ишлаб чиқилди.



3-расм. Техник крахмал ва кальций хлориднинг сувли эритмасини тайёрлаш учун ярим саноат қурилмасининг умумий кўриниши

Техник крахмал композициясининг эритмасини тайёрлаш: Эритма тайёрлаш учун 3 м³ (3 тонна) сифимли реакторга 2 тонна атрофида сув тўлдирилади (3-расм). Сувга дастлаб бункер орқали оз-оздан интенсив аралаштирилган ҳолатда (700-800 об/мин.) кристалл ҳолидаги кальций хлорид (CaCl₂) дан солиб эритилади. Эриш жараёни экзотермик бўлганлиги сабабли сувнинг ҳарорати кўтарилади. Ҳарорат 50-60°C гача кўтарилгунга қадар кристалл ҳолидаги кальций хлорид (CaCl₂) дан солиш давом эттирилади. Сўнгра бункердан дозатор орқали интенсив аралаштириш давом эттирилган ҳолатда (700-800 об/мин.) оз-оздан қўшиб 250 кг атрофида техник крахмал кукун эритилади ва эритманинг ҳажми 3 тоннага етгунча сув қуйилиб, аралаштириш давом эттирилади. Ҳосил бўлган эритма бир оз вақт тахминан 10 мин. атрофида аралаштирилган ҳолатда ушланади. Сўнгра тайёр эритма вентиль орқали БЕЛА3 махсус сув сепадиган машинага жўнатилади. Вентиль ёпилади ва яна реакторга тахминан 2 тонна атрофида сув юборилади. Юқорида эритма тайёрлаш тартибига қатъий риоя қилган ҳолатда эритма тайёрланиб, ҳосил бўлган эритма яна вентиль орқали БЕЛА3 сув сепадиган машинага жўнатилади. Шундан сўнг реактор ва эритма борадиган металл қувурларни крахмал эритмаси қолдиқларидан тозалаш талаб этилди. Акс ҳолда, бир неча ҳолатдан сўнг реакторнинг ички девор-лари крахмал эритмаси билан қопланади. Бу эса реакторнинг иш самарадорлигини камайтиради. Эритма борадиган металл қувурлар эса секин-аста крахмал эритмаси ёпишқоқ бўлганлиги сабабли тўлишиб боради. Маълум муддатдан кейин крахмал эритмаси оқиши қийинлашади. Бу ҳам унинг иш самарадорлигига салбий таъсир кўрсатади. Реактор ва металл қувурларни крахмал эритмаси қолдиқларидан тозалаш учун реакторга тахминан 2 тонна атрофида сув тўлдирилади ва сувга оз-оздан интенсив аралаштирилган ҳолатда (700-800 об/мин.) кристалл ҳолидаги кальций хлорид (CaCl₂) дан солиб эритилади. Эритма ҳарорати 50-60°C гача кўтарилгунга қадар кристалл ҳолидаги кальций хлорид (CaCl₂) дан меъёра мўлжалланган кальций хлорид (CaCl₂) дан қолган қисми солинади. Аралаштириш 5-10 мин. давом эттирилади. Сўнгра вентиль орқали крахмал эритмаси қолдиқлари яна БЕЛА3 сув сепадиган машинага жўнатилади. Бундан кейин 32 тоннали БЕЛА3 машинани тўлгунча сув тўлдирилади. Карьердаги автомобил йўлларига махсус сув сепадиган БЕЛА3 машинани ёрдамида тайёрланган эритма сепилади ва йўлдаги чангни кўтарилиш-пасайиш миқдори махсус лаборатория қурилмалари орқали аниқланади.

Муаллифлар томонидан [7] Мурунтау ва Мютенбай карьерларидаги автомобил йўлларидаги чангни бостириш техник крахмал ва кальций хлорид аралашмаларининг сувли эритмалари билан олинган тадқиқот натижалари келтирилган.

Тадқиқот натижаларига НКМК нинг Марказий кон бошқармасининг лабораторияси ходимлари билан биргаликда, "крахмал препарат" ни карернинг №15

сектор йўналишидаги автомобил йўлида синовдан ўтказилди. Йўлнинг ҳолати: йўл ёрилган ва майда дисперс заррали қалинлиги 3-10 см бўлган чангли қатлам мавжуд. Тадқиқотнинг биринчи галида икки юк машиналари юк юкланган ҳолатда кўтарилдилар. Бир юк автомобили юксиз тушди. Бунда чангнинг концентрацияси $14,8 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил қилди. Тадқиқотнинг иккинчи галида 5 дақиқадан сўнг олиб борилди. Бунда ҳам икки юк юкланган юк машиналаридан фойдаланилди. Бунда чанг концентрацияси $15,6 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил қилди. Юк юкланган автомобилларни кўтарилиш ва тушиш жараёнида улар кетидан “қуюқ” булутли чанг ҳосил бўлиб, кўриш даражаси тахминан 3 метрни ташкил этди.

Тузларнинг чангсизлантириш самараси, чанг қатламининг тез-тез сув билан ювиб туриш билан боғлиқ. Тузларнинг ювилишини олдини олиш мақсадида уларга ёпишқоқ материаллар қўшиш мумкин. Қопламни чангсизлантириш туз молекуласидаги физика-кимёвий лойқаларнинг ва маълум миқдордаги сув молекуласининг ушлаб қолиниши, мустаҳкам адсорбцияланган дисперс материалли сув билан етарли миқдордаги чанг қатламининг ушлаб қолиниши, устки қатламдаги чангнинг етарли ушлаб қолиниши билан изоҳланади.

Участқадаги автомашиналар йўлига махсус “БелАЗ” машинаси ёрдамида 2 қават “крахмалли преперат” эритмаси сепиб чиқилди. Сепиш ишлари тугатилгандан сўнг йўлдан 6 та юк ташувчи машиналар кетма-кет ўтишди ва бунда чанг

кўтарилиши кузатилмади. Биринчи ўлчаш ишларини бир соатдан сўнг олиб борилди ва чангнинг концентрацияси $4,2 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил қилди. Иккинчи ўлчашларини 103 дақиқадан сўнг олиб борилди, чанг миқдори $5,3 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил қилди. Учинчи ўлчаш ишларини 200 дақиқадан сўнг олиб борилди, чанг миқдори $8,3 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил қилди. Йўлни кўздан кечириб чиқиш жараёнида маълум бўлдики, йўлнинг ғовак қисми бутунлай қотган ва автомобил йўлининг фақат устки қисми (1-2 мм) қисман бузилган ва кам миқдорда чанг ҳосил қилди. Кузатишларимиз натижасида 3 соат мобайнида автомобил йўлидан 39 юк автомобиллари ўтди ва чанг миқдори олдинги 3 марта сув сепилган йўлдаги чанг ҳосил бўлишига нисбатан анча пасайган эди.

Тадқиқот натижалари қуйидаги 2-жадвалда келтирилган.

Олинган натижаларнинг таҳлили (2-жадвал) шуни кўрсатадики, чанг бостириш даражаси преперат таркиби, йўлнинг ҳолати, сепиш вақти ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади.

Шундай қилиб, чанг бостирувчи преперат сифатида техник крахмал ва кальций хлорид сувли эритмасидан фойдаланиш самарали натижа беради.

Демак, техник крахмал ва кальций хлорид асосида яратилган композиция эритмасини карьер ва бошқа автомобил йўлларидаги чангларни бостириш учун муваффақиятли ишлатиш мумкин.



4-расм. Преперат сепилгаунга қадар (а) , преперат сепиш жараёни (б) ва преперат сепилгандан (в) кейинги жараёнлардан сўнг автомобил йўлининг кўриниши

2-жадвал

“Мурунтау”, “Мютенбай” карьерлари автомобил йўлларидаги чангни бостириш натижалари

№	Преператнинг таркиби, масс%		Сугоришдан кейинги вақт, мин	Об-ҳаво шароити			Ҳаводаги чанг миқдори, мг/м^3
	Крахмал	CaCl_2		Ҳавонинг намлиги, %	Ҳаво ҳарорати, °C	Шамол тезлиги, м/с	
Мютенбай (26.10.2013й)							
Аралашманинг сепилишига қадар							
1.	3,0	-		27	24	2,2	6,4
2.	3,0	-	24 соат	27	24	2,0	1,8
				26	23	1,8	7,2
Мурунтау (29-30.08.2016й)							
3.	-	-	Сув билан	36,0	16,0	5,0	14,8
4.	-	-	Сув билан (5)	36,0	16,0	5,0	15,6
5.	2,0	3,0	60	32,0	22,0	3,5	4,2
6.	2,0	3,0	103	32,0	23,0	3,6	5,3
7.	2,0	3,0	200	35,0	17,1	2,0	8,3

Библиографик руйхат:

1. Машковесов И. Л., Балихин Б.А. «Аэрология и охрана труда на шахтах и в карьерах». М. 1986.
2. Константинов А. Р. Испарение в природе. Гидрометеорологическое издательство Ленинград, 1968, - С.173-174.
3. Sagat ov N. H. «Kon ishlari asoslari». Т., «Cho'ron», 2007.
4. Hall D.M, Van Patten E. влияние окисления хлором на свойства кунурузного крахмала // Eng Chem. Dorg. Resand Develap. 1971.№2. С. 171 – 175.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини таъқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллий-лаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида» ги Фармони
6. Ушаков К. З., Михайлов В. А. «Аэрология карьеров» М. «Недра»,Potzel, HiemstaP Влияние условий реакции на окисление корфельного крахмала, гирохлоритаму // Starke. 1963. 15. №6. С. 217 -225.
7. Farley F. F., Hixon R. M. Oxidation of raw starch granules by electrolysis in alkaline sodium solution // Ind. Eng. Chem. 1942. Vol. 34. N 6. pp. 677–681.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ, НАПОЛНЕННЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМ МАТЕРИАЛОМ



Жураев Ш.Т.,
докторант кафедры
«Химическая технология»
НГГИ



Ибадуллаев А.С.,
профессор кафедры
«Коммуникация и системы
инженеров» Ташкентского
института инженеров ЖДТ, д.т.н.



Мухиддинов Б.Ф.,
профессор кафедры
«Химическая технология»,
НГГИ, д.х.н.



Кахаров Б.Б.,
зав. кафедры «Коммуникация
и системы инженеров»
Ташкентского института
инженеров ЖДТ

Maqolada SKI-3 VAIRIT KR-50 kauchuklari asosidagi kompozitsion elastomer materiallar texnologiyasi haqqida qisqartirilgan ma'lumotlar berilgan. Mineral tarkibidagi kauchuk molekulali kislotali uglerod moddasi uning rasiyasidagi o'zlashtirilgan. Ilmiy texnik asos asosi taklif etilgan uglerodli materiallar elastomer tarkibi. Olingan ilmiy nizhilar oldindan malum tuzilishi va hossaga ega bulgan kompozitsion elastomer materiallarni qo'shishga asos buldi. Tarkibida elastomer moddasi bor texnolog va reologik xossalari tashkil qilingan va ular asosida uglerodli materiallar kauchuk korishmasidagi optimal mikdori qo'shilgan.

Tayanch iboralar: kauchuk, rezina, ingredient, tabiiy kauchuk, sintetik kauchuk, tulduruvchi, SKI-3, nairit KR-50, elastomer, plastoe-lastiklik, kovushkoklik, struktura.

В данной статье приводятся результаты исследования влияния углеродсодержащего материала на технологические свойства композиционных эластомерных материалов на основе каучуков SKI-3 и наирит КР-50. Обнаружена взаимосвязь между структурными характеристиками, природы поверхности углеродсодержащего материала и макромолекул каучука. Предложены научно-технологические принципы создания высокоэффективных эластомерных композиционных материалов с использованием углеродсодержащего материала. Полученные научные результаты, технологические разработки явились основой для создания эластомерных композиционных материалов с заданной структурой и свойствами. Изучены технологические и реологические свойства наполненных эластомерных композиций углеродсодержащим материалом, при этом показано их оптимальное содержание в резиновых смесях.

Ключевые слова: каучук, резина, инердиент, натуральный каучук, синтетический каучук, наполнитель, SKI-3, наирит КР-50, эластомер, пластозластичность, вязкость, структура.

Для улучшения физико-механических и динамических свойств композиционных эластомерных материалов и изделий на их основе применяются более 120 наименований ингредиентов, натуральных и синтетических каучуков [1]. Разработка углеродсодержащего наполнителя композиционных эластомерных материалов для получения с заданной структурой, физико-механических и динамических свойств изделий на их основе, остается одной из актуальных задач.

Исследовали влияние углеродсодержащего материала (УМ) [2,3], являющегося вторичным сырьём производства пиролиза изношенных автомобильных шин, на технологические свойства резиновых смесей на основе каучуков SKI-3 и наирита КР-50. Исследуемые резиновые смеси содержали УМ от 10 до 60 мас.ч. на 100 мас. ч. каучука. Для сравнения были взяты смеси, наполненные теуглеродом П 803. Смеси изготавливали на лабораторных вальцах, а также в смесительной камере пластикордера Брабендер типа Р1У-151 объемом 75 см³ при частоте вращения роторов 30 мин⁻¹ и начальной температуре камеры 343±3К. Степень объемного заполнения камеры составляла 78%. Наполнители вводили в камеру после предварительной пластикации каучука в течение 3 мин. По полученным зависимостям крутящего момента М_{кр} от времени из пластограммы рассчитывали [4] показатель обрабатываемости (λ), степень пластикации смеси М_{макс}/М_{мин}, относительное возрастание максимального крутящего момента при введении наполнителя М_{оти}, условную скорость пластикации V_{пл} максимальное значение температуры в смесительной камере Т_{макс}. Шприцевость резиновых смесей изучали с помощью приставки, используя фильеры d=3 мм и мундштук «Гарвей». Образцы шприцевали при частоте вращения шнека 20-120 мин⁻¹ и температуре 293-363 К [5]. Пластозластические свойства резиновых смесей определяли по ГОСТ 1020-95—жесткость ЖД и

эластическое восстановление ЭД по Дефо; по ГОСТ 10722-94—вязкость по Муни (ML4-373 К).

В процессе смешения каучуков с УММкр заметно возрастает по мере заполнения камеры материалами и достигает максимальной величины по окончании загрузки и опускании верхнего затвора, затем крутящий момент начинает уменьшаться в результате протекания процессов механодеструкции каучуковой фазы смеси, а также повышения температуры в камере. На основании полученных пластограмм, показывающих изменения крутящего момента во времени (16 мин), рассчитывали характеристики резиновых смесей (рис.1). Установили, что по мере увеличения времени смешения наблюдается постепенное втирание и поглощение наполнителя каучуком. При этом лучшая втираемость и поглощение наполнителя наблюдаются в случае смешения каучука с УМ, чем с теуглеродом П803. Это подтверждается относительно меньшим значением М_{кр}, что в свою очередь приводит к лучшей обрабатываемости и М_{макс}/М_{мин}. На процесс смешения влияет не только тип наполнителя, но и природа эластомера. Так, при наполнении SKI-3 УМ (до 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука) значения λ и М_{макс}/М_{мин} резко уменьшаются, а при дальнейшем (≥40 мас.ч.) повышении содержания УМ эти значения практически не изменяются. В то время как при наполнении наирита КР-50 УМ (до 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука) увеличивается λ и уменьшается М_{макс}/М_{мин}.

При введении в состав эластомеров УМ также наблюдается существенное возрастание М_{оти} увеличение V_{пл} (рис.1, б). При этом характер изменения М_{оти} V_{пл} зависимости от степени наполнения определяется каучуковой фазой смеси и наполнителя. Например, М_{оти} V_{пл} смеси на основе каучуков SKI-3 и наирита КР-50 непрерывно увеличивается с возрастанием степени наполнения УМ и П 803 до 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Смеси, содержащие УМ, приводят к

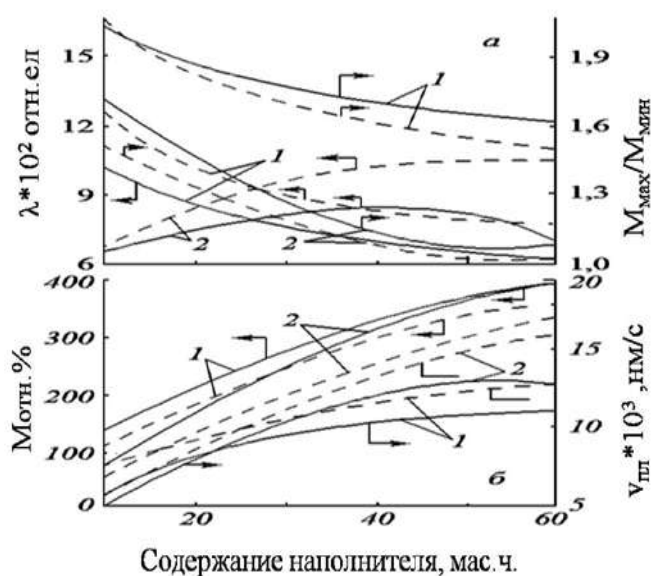


Рис. 1. Изменение обрабатываемости I, пластичности M_{max}/M_{min} (а), относительного крутящего момента $M_{отн}$ и скорости пластикации $V_{пл}$ (б) резиновых смесей на основе каучуков СКИ-3 (1), наирит КР-50 (2) в зависимости от содержания УМ (---) и теуглерода П803 (—)

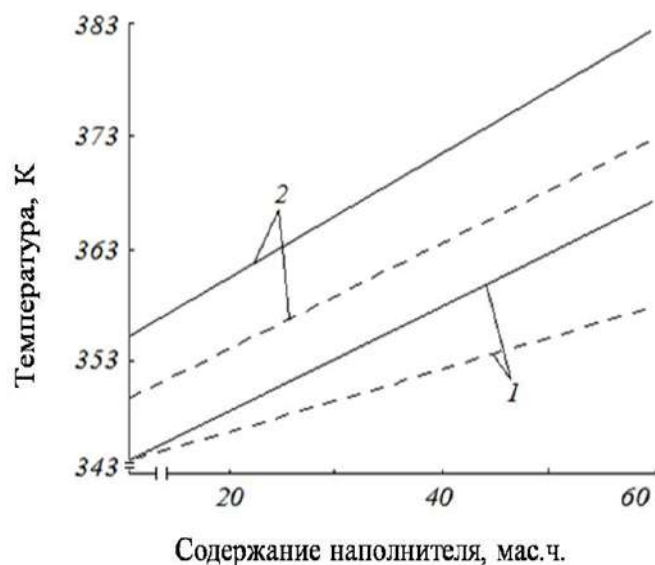


Рис. 2. Изменение температуры камеры в процессе смешения (за 15 мин) резиновых смесей на основе СКИ-3 (1) и наирита КР-50 (2) в зависимости от содержания УМ (---) и теуглерода П803 (—)

сравнительно меньшему показателю Мотн эластомерной композиции, особенно в случае наирита КР-50. Проведенные исследования показали относительно меньшее возрастание температуры камеры (Тмакс) при повышении объемного заполнения резиновой смесью с УМ по сравнению с П 803 (рис. 2).

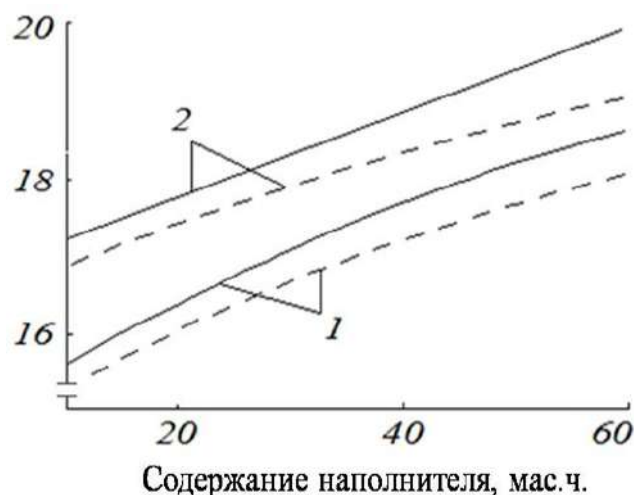


Рис.3. Изменения давления в головке (P_m) при шприцевании резиновых смесей на основе СКИ-3 (1) и наирита КР-50 (2) в зависимости от содержания УМ (---) и теуглерода П803 (—) ($T=363K, n=120 \text{ мин}^{-1}$)

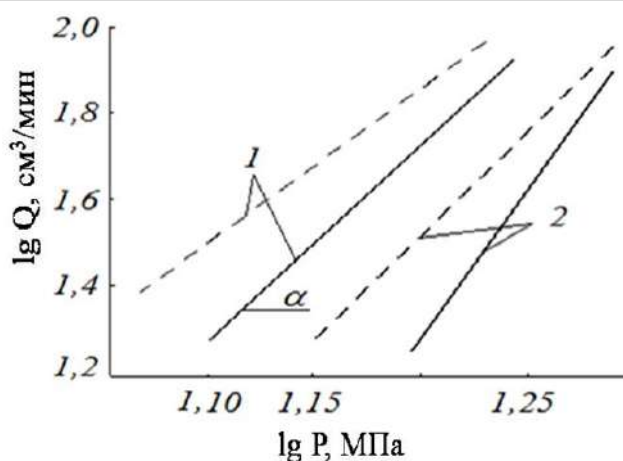


Рис.4. Характеристика (зависимость $lg Q - lg P$) процесса шприцевания резиновых смесей на основе СКИ-3 (1), наирита КР-50 (2), содержащих 40 мас.ч. УМ (---) и теуглерода П803 (—), ($T = 363 K, n=120 \text{ мин}^{-1}$)

В таблице показано изменение пластозластических характеристик резиновых смесей в зависимости от содержания УМ. Из этой таблицы видно, что с увеличением содержания УМ в резиновых смесях монотонно возрастает их жесткость, вязкость, уменьшается пластичность и эластическое восстановление. Однако по абсолютным значениям технологических показателей смеси, содержащие УМ и теуглерод П803, различаются между собой незначительно.

Исследование шприцуемости резиновых смесей, наполненных УМ, показало, что с увеличением его содержания существенно повышается давление материала P_m в экструзионной головке (при $n = const$) (рис. 3). Количественно этот эффект значительно меньше по сравнению с П803. Например, при 40 мас.ч. УМ и теуглерода П803 на 100 мас.ч. каучука СКИ-3 и наирита КР-50 значение P_m составляет

Таблица 1

Пластозластические свойства резиновых смесей на основе СКИ-3 и наирита КР-50, наполненных УМ и теуглеродом П803

Содержание наполнителя, мас.ч.	ML 4-373K		P, отн. ед.		ЖД, Н		ЭД, мм	
	СКИ-3	КР-50	СКИ-3	КР-50	СКИ-3	КР-50	СКИ-3	КР-50
УМ 0	31	62	0,78	0,62	2,6	6,1	0,5	3,1
20	39	70	0,76	0,49	3	6,5	0,4	2,5
40	44	80	0,7	0,4	3,5	9	0,4	2,2
60	51	98	0,64	0,31	6	13	0,3	1,8
П 803 20	39	69	0,7	0,55	3,1	7	0,3	2,1
40	42	78	0,64	0,42	4,5	10	0,3	1,8
60	49	90	0,62	0,38	5	17	0,2	1,6

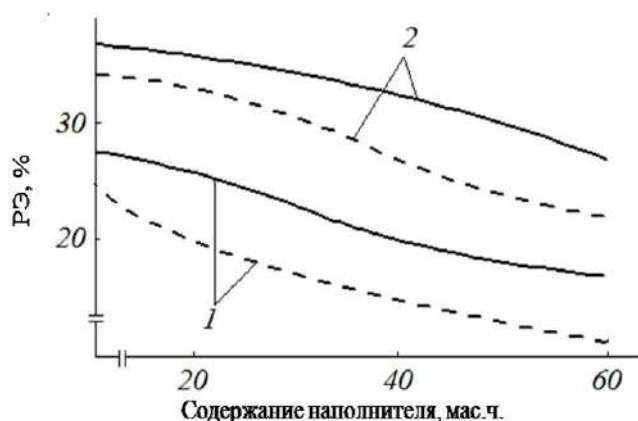


Рис. 5. Изменение степени разбухания экструдата резиновых смесей на основе каучуков СКИ-3 (1), наирит КР-50 (2) от содержания УМ (- -) и теуглерода П 803 (—) ($T = 363 \text{ K}$, $n = 120 \text{ мин}^{-1}$)

17,1 и 17,7 МПа, 18,2 и 18,8 МПа соответственно. Введение УМ в состав эластомерных композиций также существенно изменяет характер зависимостей объемного расхода смесей при шприцевании от

давления в головке (рис.4). Помимо снижения R_{mv} присутствии УМ заметно уменьшается угол наклона, а прямых и, следовательно, тепло-выделение при шприцевании по сравнению с П803. Так, максимальная разность температуры ΔT при переработке резиновых смесей, содержащих 40 мас.ч. модифицированного углерода и теуглерода П803 на основе СКИ-3 и наирита КР-50, составляет 16 и 21°C, 18 и 24°C соответственно. Следовательно, в присутствии УМ уменьшается вероятность преждевременной вулканизации резиновых смесей и обеспечивается возможность интенсификации процесса шприцевания путем увеличения частоты вращения шнека.

Влияние УМ на способность резиновых смесей к накоплению энергии эластической деформации при переработке оценивали путем измерения степени разбухания экструдатов (РЭ). На рис. 5 показано изменение РЭ резиновых смесей с различным содержанием УМ и теуглерода П803. Видно, что зависимости носят экстремальный характер. Оптимальная дозировка УМ и теуглерода П 803 в данном случае составляет 40-50 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Значительное уменьшение РЭ наблюдается в смесях, содержащих УМ.

Таким образом, полученные результаты показывают улучшение технологических свойств резиновых смесей, наполненных модифицированным углеродом по сравнению с теуглеродом П803.

Библиографический список:

1. Sadhan K. De and Jim R. White «Rubber Technologists Handbook» 2011. 559 p.
2. Sh. T. Juraev, A. S. Ibodullaev, B. F. Mukhiddinov. Investigation Of The Properties Of Rubber Compositions Filled With Carbon Material // International Journal of Recent Advancement in Engineering & Research. Volume 04, Issue 04; April – 2018.
3. Ибодуллаев А.С., Тешабаева Э.У., Сейдабдуллаев Я.О., Исследования углеродистого материала и его влияние на свойства кабельных резин // Журнал «Композиционные материалы» - Ташкент, - 2015. - №3. - С.25-28.
4. Уральский М.Л., Горелик Р.А., Буканов А.М. Контроль и регулирование технологических свойств резиновых смесей. - М.: Химия, 1983. - 126 с.
5. Востракнутов Е.Г., Новиков М.И., Новиков В.И., Прозоровская Н.Я. Переработка каучуков и резиновых смесей (реологические основы, технология, оборудование). - М.: Химия, 1980. - 280 с.

“GORNII VESTNIK UZBEKISTANA”, 2020, №1 (80) pp. 100-102

RESEARCH TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER MIXTURES FILLED WITH CARBON-CONTAINING MATERIALS

¹Juraev Sh. T., PhD student of “Chemical technology” department, shoxa199029081@mail.ru

¹Mukhiddinov B. F., professor of “Chemical technology” department, muhiddinov.b@mail.ru

²Ibadullaev A. S., professor of Communication and Systems of Engineers Department

²Kaxarov B. B., head of Communication and Systems of Engineers Department, Kaxarov65@mail.ru

¹Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

²Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

This article presents the results of a study of the effect of a carbon-containing material on the technological properties of composite elastomeric materials based on rubbers SKI-3 and Nairite KR-50. A relationship was found between the structural characteristics and the surface nature of the carbon-containing material and rubber macromolecules. The scientific and technological principles of creating highly effective elastomeric composite materials using a carbon-containing material are proposed. The obtained scientific results, technological developments were the basis for the creation of elastomeric composite materials with a given structure and properties. The technological and rheological properties of filled elastomeric compositions with a carbon-containing material were studied, and their optimal content in rubber compounds was shown.

Keywords: rubber, ingredient, natural rubber, synthetic rubber, filler, SKI-3, Nairite KR-50, elastomer, plastoelasticity, viscosity, structure.

References

1. Sadhan K. De and Jim R. White, Rubber Technologists Handbook 2011. –559 p.
2. Sh. T. Juraev, A. S. Ibodullaev, B. F. Mukhiddinov. Investigation Of The Properties Of Rubber Compositions Filled With Carbon Material // International Journal of Recent Advancement in Engineering & Research. Volume 04, Issue 04; April - 2018.
3. Ibodullaev A. S., Teshabaeva E. U., Seidabdullaev Y. O., Studies of carbon material and its effect on the properties of cable rubber // Journal “Composite materials” - Tashkent, - 2015. - No. 3. –pp 25-28.
4. Uralsky M. L., Gorelik R. A., Bukanov A. M. Control and regulation of the technological properties of rubber compounds. - M.: Chemistry, 1983. –126 p.
5. Vostraknutov E. G., Novikov M. I., Novikov V. I., Prozorovskaya N. Ya. Processing of rubbers and rubber compounds (rheological basis, technology, equipment). - M.: Chemistry, 1980. -280 p.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ

Ushbu maqolada murakkab geomekanik vaziyatga ega bo'lgan konlarni qazish ishlarida qo'llash bo'yicha xalqaro tajriba va ularning istiqbollari tahlil qilingan. To'ldiruvchi aralashmaning tarkibi uchun turli xil variantlar ham ko'rib chiqiladi.

Tayanch iboralar: konchilik sanoati, toshga zarba berish, qorishmalarning aralashishi, yotqizish, tog'-kon chiqindilari, tsement, donador shlaklar.

В данной статье приведены анализы международного опыта применения закладочных работ и их перспективы при разработке месторождений со сложной геомеханической ситуацией. Так же рассмотрены различные варианты состава закладочной смеси.

Ключевые слова: горная промышленность, рудник, горный удар, твердеющие смеси, закладка, отходы горного производства, цемент, гранулированные шлаки.

Постоянное увеличение глубины разработки месторождений богатых руд, усложнение горно-геологических и горнотехнических условий их эксплуатации, увеличение отходов горно-обогатительного производства служат предпосылкой для все более широкого распространения различных вариантов систем разработки, что в значительной мере определяет эффективность отработки месторождений

В условиях тенденции развития горной промышленности для повышения конкурентоспособности предприятия на мировом рынке вопрос полного и качественного извлечения руд из недр и сохранение безопасной геомеханической ситуации на подземных рудниках имеет важное значение. При добыче полезных ископаемых подземным способом этот вопрос решается при помощи применения закладки выработанного пространства. На крупных горных предприятиях, разрабатывающих месторождения ценных руд, распространение получила твердеющая закладка. Закладка выработанного пространства твердеющими смесями не только позволит оставлять в целиках минимальное количество руды, но и обеспечит безопасную отработку остальных горизонтов.

Специфические условия многих месторождений, вовлекаемых в подземную отработку системами с закладкой выработанного пространства, требуют неординарного подхода к решению комплекса сложных технологических, организационно-технических и технико-экономических задач по обоснованию оптимальных составов твердеющих смесей, технологии их приготовления и формирования искусственных массивов.

При использовании систем разработки с твердеющей закладкой значительная доля затрат (до 15-25%) в добыче руды приходится на закладочные работы [1].

Однако повышение безопасности работ и снижение затрат физического труда на поддержание выработанного пространства оправдают повышенную себестоимость добываемой руды [2]. Пути достижения нормативной прочности искусственного массива при минимальных затратах на его формирование является важной производственной и научно – практической задачей.

Твердеющая закладка успешно применяется за рубежом в России, США, Канаде, Германии, Швеции, Финляндии, Индии, Японии, Австралии при разработке рудных месторождений. [3-5].

Это свидетельствует об эффективности применения закладки, несмотря на дополнительные расходы, которые перекрываются качеством полученной продукции и отсутствием затрат на обогащение.

Глубина ведения горных работ является главным критерием, регламентирующим прочность закладочного массива из твердеющих смесей. Анализ крупнейших рудников по добыче руд черных и цветных металлов подземным способом системами разработки с твердеющей закладкой позволил выявить закономерность изменения прочности твердеющей закладки в зависимости от глубины разработки месторождений (рис.1) [6].

Худояров Т.У.,
зам. начальника горного
отдела НГМК



Содиков И.Ю.,
инженер по ПГР
ИЦВНТ НГМК

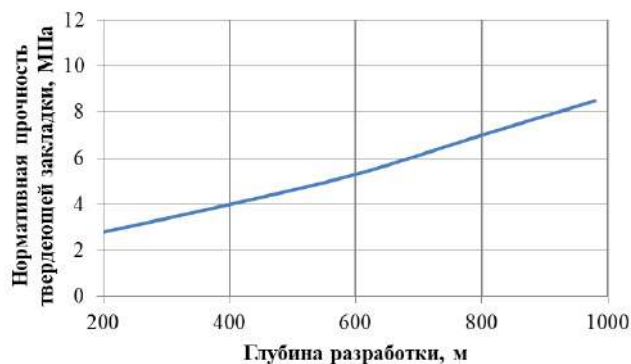


Рис.1. График изменения прочности твердеющей закладки в зависимости от глубины разработки

Из рис. 1 следует, что глубина разработки существенно влияет на прочностную характеристику твердеющей закладки, изменяя ее в интервале 200-900 м в 2,5-3 раза. Следовательно, пренебрежение прочностью закладки в условиях возрастающих глубин разработки, особенно месторождений со сложными горно-геологическими условиями, опасных по горным ударам (рис. 2), с позиции безопасности ведения горных работ недопустимо.

На глубинах разработки свыше 600 м расход вяжущих компонентов составляет 300 кг/м³ и более. Сложившаяся ситуация требует поиск экономичных путей повышения прочности закладочного массива. Анализ компонентных составов твердеющей закладки мировых и отечественных рудников показал, что на сегодняшний день наиболее распространенным видом вяжущего материала служит цемент (на 70% рудниках), в качестве инертного заполнителя – пески, дробленый щебень (28 и 26% соответственно).

Современная практика горных работ и проводимые в последнее время исследования показали, что цемент хотя и является одним из лучших вяжущих веществ, с успехом может быть заменен другими более дешевыми цементирующими средствами, в том числе материалами, являющимися отходами производства. К таким вяжущим в первую очередь относятся доменные гранулированные шлаки, топливные шлаки и зола, нефелиновые шлаки, пирротинные хвосты, известь и некоторые другие материалы, обладающие способностью твердеть самостоятельно или требующие необходимых добавок более активных вяжущих веществ.

Наиболее сложным моментом, связанным с применением твердеющей закладки, является правильный выбор ее состава, применительно к конкретным условиям и материалам. В свете вышесказанного проблема эффективного использования отходов горно-обогатительного производства является весьма актуальной.



Рис.2. Проявление горного удара

Усовершенствование технологии приготовления и транспортирования закладочной смеси, а также использование в качестве вяжущих и заполнителей дешевых материалов, какими являются промышленные отходы, позволяет значительно снизить затраты, связанные с выполнением закладочных работ.

В настоящее время на многих обогатительных фабриках скопилось огромное количество хвостов обогащения. Качество и прочность закладки при использовании хвостов как заполнителя даже лучше, чем при использовании песка, а стоимость ниже. Хвосты, как правило, не требуют предварительной подготовки, а затраты на транспорт и добычу их из хвостохранилищ и отвалов в несколько раз ниже, чем при добыче и транспорте песков из карьеров.

К примеру одно из крупнейших горнорудных предприятий Украины «Запорожский железорудный комбинат» разрабатывает богатые железные руды Южно-Белозерского месторождения. В настоящее время принят следующий состав закладки: молотый доменный гранулированный шлак «Запорожсталь» - 400-500 кг, отходы флюсового известняка - 900-1150 кг, отвальная дробленая горная порода - 400-500 кг, вода - 350-400 л. Прочность формируемого закладочного массива составляет 6-7 МПа. Разубоживание 1-4%, потери 8%. Объем закладочных работ составляет 1,2 млн. м³/год. Глубина разработки 740 м. Постепенное наращивание производственной мощности комбината приводит к значительному объему производства закладочных работ (рис.3). В условиях значительных объемов производства закладочной смеси вопрос ее удешевления постоянно является актуальным [6-7].

ООО «Восток-Руда». Система разработки - этажно-камерная с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью. Состав закладочной смеси: доменный гранулированный шлак (с тонкостью помола не менее 50% частиц - 0,074 мм) - 400-500 кг; хвосты обогатительной фабрики - 1500-1600 кг; вода - 400-450 кг. Потери 5,7% разубоживание 7,1%. Объем закладочных работ составляет 0,45 млн. м³/год. Прочность закладки 5 МПа в возрасте 6 месяцев. Глубина ведения горных работ -550 м [6-7].

Наиболее сложным моментом, связанным с применением твердеющей закладки, является правильный выбор ее состава, применительно к конкретным условиям и материалам.



Рис. 3. Лабораторные испытания образцов на одноосное сжатие

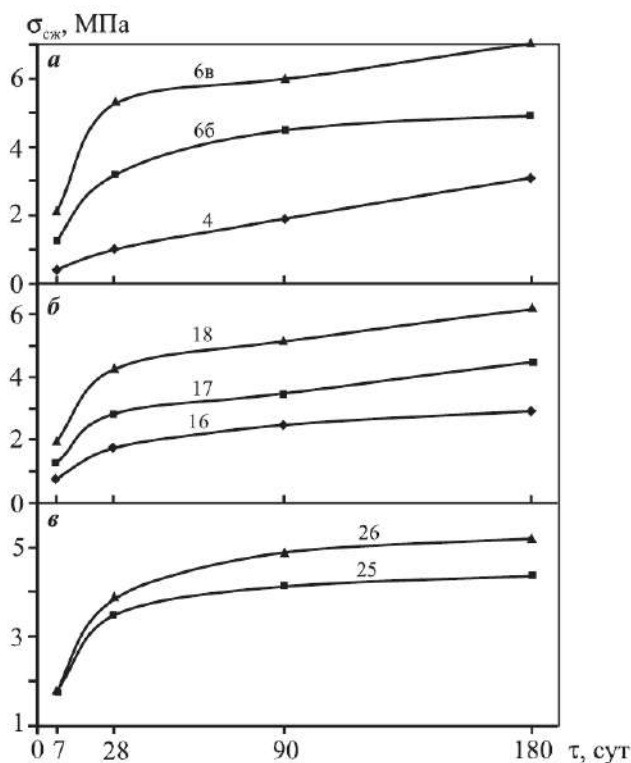


Рис. 4. Зависимость прочности закладки на сжатие от времени твердения выборочных из исследуемых 49 составов образцов, у которых в качестве вяжущего использовался цемент, а заполнителем служили нейтрализованные хвосты ГМЗ (а), дробленая порода (б), и смесь кислых хвостов ГМЗ и дробленой породы (в). Обозначения кривых соответствуют номерам исследуемых составов образцов

При производстве инновационных твердеющих материалов необходима общая концепция целенаправленного синтеза новообразований, для чего необходима разработка методики их изучения и статистической обработки результатов работ.

Физико-механические свойства техногенных отходов связаны со сложным комплексом факторов, важнейшими из которых являются минеральный состав, плотность, водопотребность и другие.

Для проведения натурных испытаний авторами [8], были подготовлены образцы твердеющей смеси на основе хвостов обогатительной фабрики (ОФ).

Определено, что прочность смеси (заполнителя) зависит от количества вяжущего [9] и изменяется по экспоненте согласно выражению:

$$\delta_3 = \delta_0 e^{0,058q},$$

где δ_0 — прочность заполнителя без добавки цемента, кгс/см²;

q — удельный расход цемента (М-400), кг/м³.

По истечении 30 и 90 дней образцы экспериментальных закладочных смесей были испытаны с помощью гидравлического пресса ПСУ-100 на одноосное сжатие (рис. 3).

На основании проведенных исследований, лабораторных и промышленных испытаний было выяснено, что скорость повышения прочности твердеющей смеси при увеличении расхода заполнителя и времени выдержки возрастает.

Таким образом, была рекомендована следующая композиция твердеющей смеси:

Песковая часть хвостов ОФ, кг/м³ -1350 - 1500

Молотый гранулированный шлак, кг/м³ -50 - 70

Вода затворения, л/м³ -350

По результатам проведенных исследований был определен оптимальный состав закладочных смесей, обеспечивающий достижение нормативной прочности при минимальном расходе вяжущего, в качестве которого служит цемент, а заполнителем являются кислые или нейтрализованные хвосты и дробленая порода (рис. 4).

При значительной вариации применяемых составов закладочных смесей в горнорудной промышленности не достаточно внимания уделено изучению химических процессов образования структурных

связей и не выявлены факторы, влияющие на формирование монолитного камня. Указанные факторы в значительной степени определяют прочность и устойчивость искусственного массива.

Применение твердеющей закладки позволит производить фактически бесцементную выемку богатых руд, снизить потери и разубоживание, использовать дешевые местные материалы для выполнения закладочных работ, снизить опасность образующихся пустот. Перспективным направлением может служить создание закладочного комплекса, обслуживающего несколько близлежащих рудников.

Исходя из проведенного анализа, можно отметить следующее.

- С увеличением глубины разработки месторождений системами с закладкой наблюдается закономерная тенденция повышения прочности закладочных массивов. Начиная с глубины 500-600 м, расход вяжущих

компонентов составляет свыше 300-350 кг/м³, при переходе на глубины свыше 1000 м стоимость закладочных работ значительно возрастет. Сложившаяся ситуация требует научный поиск экономических путей повышения прочности закладочного массива.

- Раскрыты перспективы возобновления закладочных работ на рудниках Узбекистана, предполагающие использование упрощенного закладочного комплекса и местных промышленных отходов (шлаки, хвосты и т.д.).

- В условиях понижения глубины разработки богатых руд системами разработки с твердеющей закладкой научные исследования следует развивать в направлении совершенствования схем приготовления закладочной смеси, достижения оптимума между расходом вяжущих веществ и их дисперсности.

Библиографический список:

1. Крупник, Л.А. Закладочные смеси высокой плотности, их свойства и перспективы применения / Л.А. Крупник, Г.В. Соколов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. - №11. - С. 237-240.
2. Дробот, Б.П. Обоснование перехода от систем разработки с обрушением к системам с твердеющей закладкой / Б.П. Дробот, Б.К. Миняев, К.Н. Светлаков [и др.] // Горный журнал. - 1971. - №1. - С. 37-39.
3. Кравченко, В.П. Применение твердеющей закладки при разработке рудных месторождений / В.П. Кравченко, В.В. Куликов. - М.: Недра, 1974. - 200 с.
4. Петренко, А.А. Разработка месторождений с опережающей выемкой богатых руд на большой глубине / А.А. Петренко, В.Г. Иванов // М.: Недра, 1972. - 200 с.
5. Хомяков, В.И. Зарубежный опыт закладки на рудниках / В.И. Хомяков. - М.: Недра, 1984. - 224 с.
6. Вилкул, Ю.Г. Проблемы расширения сырьевой базы и утилизации отходов горнометаллургической промышленности. Качество минерального сырья / Ю.Г. Вилкул, А.А. Азарян // Сборник научных трудов. - Кривой Рог. - 2011. - С. 9-19.
7. Требуков, А.Л. Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд. - М.: Недра, 1981. - 172 с.
8. Ляшенко В.И. Новые технологии утилизации хвостов гидрометаллургического производства в выработанные пространства и хвостохранилища. Известия вузов. Цветная металлургия № 2, 2014. С. 52-58.
9. Методические указания по определению нормативной прочности твердеющей закладки и оценка прочностных свойств искусственных массивов. //Л.: ВНИМИ. 1975. 36 с.
10. Алехин Ю.А., Люсов А.Н. Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве строительных материалов. //М.: Стройиздат. 1988. 342 с.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 103-105

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MORTGAGE WORKS IN UNDERGROUND MINES

¹Khudoyarov T.U., Deputy Head of the Mining Department, t.hudoyarov@ngmk.uz

¹Sodikov I.Yu., underground mining engineer Innovation Center for the Introduction of New Technologies, i.sodikov@ngmk.uz

¹Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract:

This article presents analyzes of international experience in the application of laying works and their prospects in the development of deposits with a complex geometrical situation. Various options for the composition of the filling mixture are also considered.

Keywords: mining, mine, rock impact, hardening mixtures, laying, mining waste, cement, granular slags.

References

1. Krupnik, L.A. High density filling mixtures, their properties and application prospects / L.A. Krupnik, G.V. Sokolov // Mountain Information and Analytical Bulletin. - 2005. - No. 11. - pp. 237-240.
2. Drobot, B.P. The rationale for the transition from development systems with collapse to systems with a hardening tab / B.P. Drobot, B.K. Minyaev, K.N. Svetlakov [et al.] // Mining Journal. - 1971. - No. 1. - pp. 37-39.
3. Kravchenko, V.P. The use of hardening bookmarks in the development of ore deposits / V.P. Kravchenko, V.V. Kulikov. - M.: Nedra, 1974. - 200 p.
4. Petrenko, A.A. Development of deposits with advanced mining of rich ores at great depths / A.A. Petrenko, V.G. Ivanov // M.: Nedra, 1972. - 200 p.
5. Khomyakov, V.I. Foreign experience laying in the mines / V.I. Khomyakov. - M.: Nedra, 1984. - 224 p.
6. Vilkul, Yu.G. Problems of expanding the raw material base and waste management of the mining industry. The quality of mineral raw materials / Yu.G. Vilkul, A.A. Azaryan // Collection of scientific papers. - Krivoy Rog. - 2011. -- pp. 9-19.
7. Trebukov, A. L. The use of hardening bookmarks in underground ore mining. - M.: Nedra, 1981. - 172 p.
8. Lyashenko V.I. New technologies for the disposal of tailings of hydrometallurgical production into worked out spaces and tailings. University News. Non-ferrous metallurgy No. 2, 2014. pp. 52-58.
9. Guidelines for determining the normative strength of a hardening bookmark and assessment of the strength properties of artificial massifs. // L.: VNIIMI. 1975. 36 p.
10. Alekhin Yu.A., Lyusov A.N. Economic efficiency of using secondary resources in the production of building materials. // M.: Stroyizdat. 1988. 342 p.

МИКРО ГЭСЛАРДА АСИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИ ТАРМОҚҚА УЛАБ ИШЛАТИШ ИМКОНИАТЛАРИ

Мақоллада О'zbekistondagi elektr stantsiyalarining asosiy manbalari, tog'li hududlardagi kichik daryolarning salohiyati, mikroodrogen generatorlarining texnik imkoniyatlari, texnik imkoniyatlari va narxi, shuningdek kapital va foydalanish xarajatlari, shuningdek fazali rotorli asinxron generatorlari tahlil qilinadi. tavsiya etilgan Ushbu generatorlarning ba'zi nazariy asoslari induksiyon motorlari nazariyasidan farqli o'laroq berilgan.

Tayanch iboralar: kichik GES, asinxron generator, sinkhron generator, qisqa tutashgan rotor, faza rotorli asinxron generator, kapital kharazhatlar, ekspluatatsion sarflar, tavsif, elektromagnit moment.

В статье рекомендуется провести анализ асинхронного генератора с фазным ротором по данным первичных источников электростанций в электроэнергетической системе Узбекистана, проанализировать наличие гидроэнергетического потенциала малых рек в горных районах, структуру генераторов в микро ГЭС, которые могут быть установлены в них, возможности работы с технико-экономической эффективностью, стоимость капитальных и эксплуатационных затрат. Приведены некоторые показатели теоретических основ этих генераторов в отличие от теории асинхронных двигателей.

Ключевые слова: малая ГЭС, асинхронный генератор, синхронный генератор, короткозамкнутый ротор, асинхронный генератор с фазным ротором, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, характеристика, электромагнитный момент.

Маълумки, мамлакатимизда электр энергия ишлаб чиқариш асосан иссиқлик электр станцияларида органик ёқилғини ёқиш воситасида амалга оширилади. Бунда 1 кВт-с электр энергия ишлаб чиқариш учун 0,3 куб метр табиий газ ёки 2,5 кг кўмир ёқилади [1]. Аммо бу қимматбаҳо хомашёларнинг аниқланган ер ости захиралари чексиз эмаслигини ҳам биламиз. Тикланувчан энергия манбалари (ТЭМ) негизда ишлайдиган гидравлик электр станциялар (ГЭС) ёрдамида эса юртимизда олинаётган умумий электр энергиянинг фақат 10% и ишлаб чиқарилади.

Кейинги йилларда бутун дунёдаги каби, Республикаимизнинг фан ва техника тараққиётида ҳам ТЭМдан фойдаланиш масалаларида кескин ўзгаришлар рўй бермоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012 сонли Қарорига мувофиқ 2021 йилгача бир қатор эскирган кичик ГЭСларнинг модернизацияланиши ва умумий қуввати 600 МВт дан кўпроқ бўлган янги кичик ГЭСлар қурилиши режалаштирилган. Ўзбекистон электр энергетика соҳаси фан, техника ва технологияларидаги юртилаётган ҳужжатларда Халқаро электротехник стандартлар ҳамда Мустақил Давлатлар Хамдўстлигида қабул қилинган стандартларга кўра кичик ГЭСлар қуввати 100 кВт дан юқори бўлганда мини ГЭСлар деб, ундан кичик бўлганда эса микро ГЭСлар деб юритилиши қабул қилинган.

Ҳозирги кунгача Республикаимизнинг тоғли ҳудудларида жойлашган кичик дарёларда микро ГЭСлар қуриш учун гидроэнергетик имкониятларини Европанинг «Fichtner» компанияси томонидан ўрганилиши шуни кўрсатдики [2], дарёларнинг гидроэнергетик потенциали 4 ГВт дан зиёд экан. Бу қувват ёрдамида ҳозирги кунда мавжуд станцияларда олинаётган электр энергиянинг 40% га яқин миқдорини ишлаб чиқариш имконияти мавжуд эканлигини кўраемиз. Чекка ҳудудларда электр энергия танқислигини ҳамда Ҳукуматимиз директив ҳужжатларига кўра 2030 йилгача бўлган даврда электр энергия ишлаб чиқариш миқдорини икки марта ошириш зарурлигини эътиборга олсак, ушбу потенциални ишлатиш учун микро ГЭСларнинг нархи арзон, эксплуатация қилишнинг техник жараёнларини энгиллаштириш ва сарф харажатларини камайтириш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб боришнинг қанчалар долзарб эканлигига иқдор бўлаемиз.

Ҳозирги кунда иқтисодий ривожланган давлатларда микро ГЭСлар ишлаб чиқарилиши кенг йўлга қўйилган [3]. Уларни кичик дарёларга ўрнатиб монтаж қилиш, электр энергетика тизимининг амалдаги тармоғига параллел улаш, энергияни тармоққа узатиш жараёнларининг йўриқномалари ишлаб чиқилган. Кичик ГЭС таркибидан генератор сифатида, тармоққа улаш ўта оғир кечадиган

синхрон машиналар ишлатилмоқда. Тармоққа улашиши лозим бўлган синхрон генератор (СГ) статор чулғами кучланишининг частотаси тармоқ кучланиши частотасига тенг бўлиши таъминлаш учун генератор ротори айланиш тезлигини ростлаш зарур. Бунинг учун, биринчидан, дарёда тўғон қуриб сув ҳавзасини ҳосил қилиш шарт. Иккинчидан, микро ГЭС таркибидан сув ҳавзаси ҳосил қилган сув захираси оқимини бошқариш ва маълум миқдордаги сув босимини ҳосил қилиб, турбина ротори айланиш тезлигини бошқарадиган тезлик ростлагичи бўлиши зарур.

Кичик ГЭСлар қуриш тажрибасини ўрганиб, уларни таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, тўғон қуришдаги бетон ишлари ва сув ҳавзасини ҳосил қилишдаги ерни кавлаш ишларига сарфланадиган капитал харажатлар ГЭС қурилишига сарфланадиган умумий капитал харажатларнинг 60-70% ини ташкил этади. Бундан ташқари, тезлик ростлагичининг нархи нисбатан баланд бўлади. Буларнинг барчасини эътиборга оладиган бўлсак, кичик ГЭСларга сарфланадиган капитал харажатлар иссиқлик электр станциялар капитал харажатларидан 4-5 марта катта бўлади [4]. Айнан шу сабабларга кўра микро ГЭСлар капитал харажатларини кескин пасайтириши мақсадида улар тўғонсиз яратилиши кўплаб қўлланилади. Бироқ, бундай вазиятда ГЭС чиқиш кучланишининг частотаси ўзгармас (50 Гц) ҳолатда сақлаб бўлмайди, чунки кучланиш частотаси ротор айланиш тезлигига тўғри пропорционал. Ўз навбатида, захирадаги ҳавза суви бўлмаганлиги сабабли ротор айланиш тезлигини ўзгармас сақлашга мўлжалланган қимматбаҳо тезлик ростлагичи ҳам ишлатилмайди. Шу сабабли, чет эл давлатлари (масалан Россия Федерацияси)да, юқорида келтирилганларга нисбатан арзон ҳисобланган тўғонсиз микро ГЭСлар фақат автоном режимда, яъни электр энергетика тизими тармоғига уланмасдан, тармоқдан анча узоқда жойлашган чекка ҳудудлар ёки объектларнинг электр таъминоти учун ишлатилади. Бизнинг давлатимиз ҳудудда бундай автоном микро ГЭСларнинг тарқалмаганлигининг асосий сабаби - уларни самарали ишлатиш имкони бўлмаганлигидир. Бундай микро ГЭСлар фақат мазкур ҳудуд ёки объект электр таъминотига хизмат қилиб, қолган вақт ишламайди, яъни табиатнинг сув ресурсидан фойдаланилмайди.

Ушбу мақолада микро ГЭСларнинг капитал сарфларини пасайтириш, техник имкониятларини ошириш (тармоққа параллел улаш) эксплуатацион харажатларини камайтиришга, шу билан Ўзбекистоннинг тоғли ҳудудларида микро ГЭСларни кўплаб қўллаш мақсадига эришиш йўллари кўрсатилган.

Алимходжаев К.Т.,
Islom Karimov nomidagi
ТошДТУ, «Электр машина-
лари» кафедраси профес-
сори, т.ф.д.

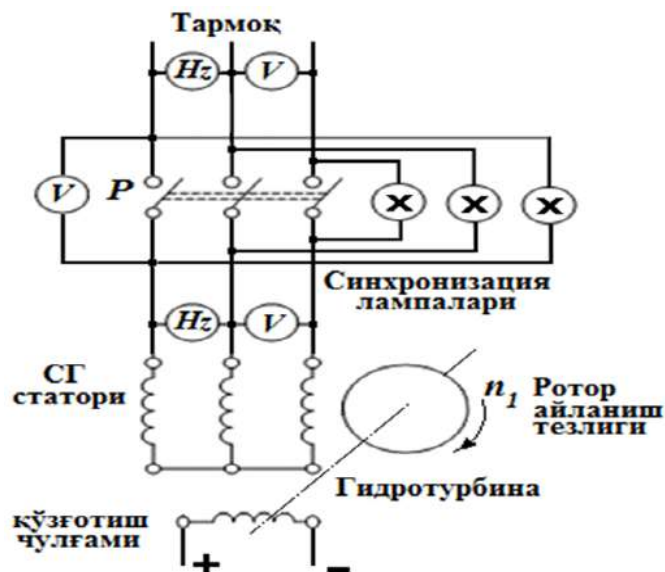


Зоҳидов О.У.,
НДКИ, «Кончилик электр
механикаси» кафедраси
катта ўқитувчиси, Islom
Karimov nomidagi ТошДТУ
доктаранти



Бобоқулов А.Н.,
НКМК, «Бош механик»
бўлими етакчи муҳандиси





1-расм. Синхрон генераторни ишга тушириш схемаси

Микро ГЭСларда СГлар ишлатилса, тармоқ билан параллел улаш жараёнида куйидаги муҳим вазифаларни бажариш шарт бўлади [5]:

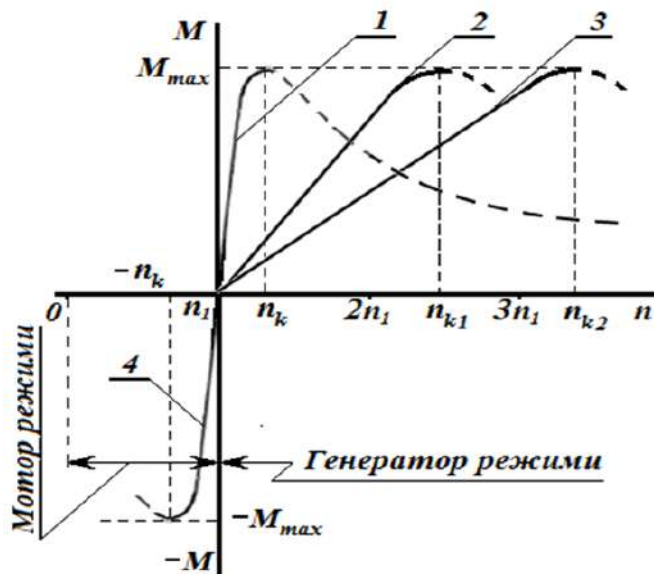
- генератор статор чулғами электр юритувчи кучи (ёки клеммаларидаги фаза кучланиши) қиймати тармоқ фаза кучланишига тенг бўлиши;
- унинг частотаси тармоқдаги кучланиш частотасига тенг бўлиши;
- генератор фазалари кетма-кетлиги тармоқ фазалари кетма-кетлиги билан бир хил бўлиши;
- СГни тармоққа улаш онда уланувчи клеммалар орасида потенциаллар фарқи минимал бўлиши.

Бу шартларни бажаришда кучланишлар тенглиги генератор кўзғатиш чулғами токини бошқариш билан, частоталар тенглиги эса ротор айланиш тезлигини ростлаш орқали амалга оширилади. Уларни назорат қилиш учун мос равишда вольтметрлар, частотамерлар каби ўлчов асбобларидан фойдаланилади (1-расм). Синхронизациялашнинг учинчи ва тўртинчи шартларини бажариш учун эса синхронизациялаш лампаларидан фойдаланилади. Лампаларнинг схемадаги уланишида, учинчи шарт бажарилиши учун барча лампалар биргаликда ўчиб-ёниб туриши зарур. Агар лампалар биргаликда ўчиб-ёнимаса, у ҳолда генераторнинг ихтиёрий икки фазаси ўрни алмаштирилади. Тўртинчи шарт бажарилишига эса лампалар ўчган онда, яъни рубильник «Р»нинг мос клеммалари орасидаги потенциаллар фарқи минимал бўлган онда эришилади - шу онда рубильник «Р» уланади ва генератор тармоқ билан синхронизацияланади. Агар рубильник уланишида клеммалар орасида потенциаллар фарқи минимал бўлмаса, генераторнинг статор чулғамлари ва тармоқ орасида катта миқдорли зарб токи ҳосил бўлиб, чулғам жароҳатланишига олиб келиши мумкин. Шу сабабли Р уланиши лозим бўлган онни тўғри аниқлаш учун унинг мос клеммаларидан бир жуфтига электромагнит турдаги вольтметр уланади ва унинг минимал кўрсаткичида генератор тармоққа уланади.

Микро ГЭСни тармоқ билан параллел ишга туширишдаги бундай мураккаб жараён, уларнинг нархининг баландлиги ҳамда автоном режимда самарасиз ишлаши ушбу ускунани ишлаб чиқаришга кўплаб тадбиқ этишга салбий таъсир этади. Айнан шу сабабларга кўра микро ГЭСлар бизнинг ҳудудларда қўлланилмай келмоқда.

Ушбу камчиликларни бартараф этиш учун биз СГ ўрнига асинхрон генератор ишлатишни таклиф этамиз.

Асинхрон генераторларни микро ГЭСлар ишида қўллаш янгилик эмас [6-8]. Бирок, нашр этилган тадқиқотлар натижаларининг таҳлили шуни кўрсатдики, қисқа туташган роторли асинхрон мотор генератор режимда ишлатилиши кам учрайдиган якка ҳолат бўлиб, бундай таклиф истеъмолчилар томонидан қўллаб қўватланмаган. Бунинг боиси, бошқарилмайдиган қисқа туташган роторли асинхрон машина, хоҳ у мотор режимда, хоҳ у генератор режимда ишласин, ротор айланиш тезлигининг нисбатан кичик диапазонда барқарор ишлаши мумкин (2-расм, 1-чизиқ). Чунки асинхрон машина механик тавсифининг фақат тўғри чиқиқли бўлган «ишчи зона»сида ишлаши мумкин. Масалан, машина мотор режимда тезлигининг $(-P_k \div P_i)$ диапазонида ишлаётган бўлса, ротор айланиш тезлиги ўзгариб, шу диапазон ташқарисига чиқса, у



2-расм. Асинхрон машинанинг механик тавсифлари

ҳолда мотор ишламайди, у манбадан узилмаса статор чулғамидаги катта ток сабабли ишдан чиқади.

Шунга ўхшаш, генератор режимда ҳам, сув параметрлари ўзгариши натижасида роторнинг айланиш тезлиги n «ишчи зона» диапазони $(P_i \div P_k)$ доирасидан ташқари чиқса, генератор ишламайди. Бироқ, тоғли ҳудудлардаги кичик дарёларнинг сув параметрлари кескин ўзгариб туриш хусусиятига эга. Демак дарё сувининг параметрлари тебранишида ротор айланиш тезлигининг ўзгариш диапазони $(P_i \div P_k)$ дан катта бўлиши шарт. Яна ҳам муҳимроғи, бунда генераторнинг электр энергетика тармоғига узатаётган қуввати ўзгармас бўлиши шарт. Бундай талаб табиат шароитига мос равишда тоғли ҳудуд кичик дарёларига ўрнатиладиган микро ГЭСларнинг ҳар қандай шароитда ҳам ротор айланиш тезлигини ўзгармас бўлишини ва ишончли миқдорда электр энергия ишлаб чиқаришини таъминлаш учун микро ГЭС фақат тўғонли бўлиши зарур ва демак сув оқим параметрларини бошқаришни йўлга қўйиш, генератор ротори айланиш тезлигини ўзгармас сақлаш ёки генератор механик тавсифидаги ишчи диапазонини кенгайтириш заруратини оқлайди.

Биз ушбу талабларни ижобий ҳал этиш учун куйидаги икки йўналишда ишлашни таклиф этамиз:

1. Микро ГЭС ўрнатилиши режалаштирилган шаршара сувининг бир қисмини қувур-тарнов воситасида гидротурбинага етказиш керак (3-расм). Бунда, зарур бўлса, «ГЭСга сув олиш» қисмига сув миқдорини бошқарувчи элемент ўрнатиш имкони ҳам бўлади.

2. Генератор сифатида фаза роторли асинхрон машина ишлатиш лозим.

Бундай электр станцияларда фаза роторли асинхрон генераторни ишлатиш, нафақат роторнинг айланиш тезлиги диапазонини бир неча марта оширади (2-расмда $P_i \div P_k$ диапазон $P_i \div P_{k2}$ гача ошади), шу билан бирга микро ГЭСни ишончли эксплуатация қилиш имкони туғилади, сув оқими параметрлари ўзгарганда ҳам тармоққа ўзгармас миқдордаги энергияни узатиш имкони яратилади.

Бундай микро ГЭС элементлари, хусусан, фаза роторли асинхрон генераторнинг назарий асослари яратилса, уларни ишлаб чиқариш технологияси ўзлаштирилса, нафақат кўплаб электр энергияни ишлаб чиқариб, узоқ ҳудудларда энергияни ишлатиш имконияти туғилади, тармоққа параллел улаш жараёни ҳам соддалаштирилади.

Маълумки, асинхрон машиналар назарияси трансформатор билан бир хил бўлган электромагнит жараёнларига асослангандир. Бундан келиб чиқиб, статор ва ротор чулғамларидаги кучланишлар ва тоқлар тенгламалари тузилади, алмаштириш схемалари қурилади ва улар асосида электромагнит момент ва механик тавсифлар аналитик ифодалари аниқланади. Бунда, трансформаторга ўхшаш тарзда, келтириш коэффициентлари қабул қилиниб, ротор чулғамининг параметрлари статор чулғами параметрларига келтирилади.

Асинхрон машина асосан мотор режимда ишлатилиши сабабли, унинг назарий асосларида фақат мотор режими қўрилган. Генератор режими эса алоҳида қўрилмасдан, мотор режимнинг хусусий ҳоли сифатида у ёки бу ҳолатлари баёни келтирилади.



3-расм. Сув келтирилувчи қувурли Микро-ГЭС

Алмаштириш схемаларини келтириб чиқаришда энг муҳим бўлган ҳолатни, яъни мотор режимидан фарқли равишда, генератор режимда, актив қувват ўз йўналишини ўзгартиришини, ротордан статорга қараб ҳарактланишини, реактив қувват эса, тармоқ (ёки компенсацияловчи конденсатор)дан статор чулғамига қараб йўналган бўлишини эътиборга олиш зарур. Шу билан бирга, электромагнит моментнинг ва у билан боғлиқ бўлган бошқа қийматларнинг аналитик ифодаларида қатнашувчи сирпанишининг ҳам ишораси тескарига ўзгаришини эътиборга олишимиз зарур. Натижада, асинхрон генераторнинг электромагнит momenti аналитик ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$M_{эм} = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{R_2'}{s}}{2\pi f_1 \left\{ \left[r_1 + c_1 \frac{R_2'}{s} \right]^2 + \left[x_1 + x_2'(\omega) \right]^2 \right\}} \quad (1)$$

Ушбу ифоданинг асинхрон мотор режимдаги электромагнит моментидан фарқи шундаки, сирпаниш $S = (n_1 - n) / n_1$ таркибдаги

ротор айланиш тезлиги n магнит майдон айланиш тезлиги n_1 дан катта бўлганлиги сабабли ($n > n_1$), сирпанишининг ишораси манфий бўлади. Ифода (1) махражининг биринчи квадрат қавс ичидаги иккинчи йиғинди ҳам манфий ишорали бўлади. Бироқ, унинг абсолют қиймати иккинчи квадрат қавс ичидаги ифода абсолют қийматидан кичик бўлгани учун, (1) ифоданинг махражи мусбат ишорали бўлади. Демак, электромагнит момент ишораси ва унинг йўналиши ўзгариб, мотордагидек айлантурувчи эмас, балки тормозловчи хусусиятга эга бўлади.

Асинхрон генератор аналитик ифодаси (1) нинг махражи таркибдаги ротор чулғамининг индуктив қаршилиги мотор режимдаги индуктив қаршилиқдан фарқ қилади.

Қаршилиқ $X_2 = 2\pi f_2 L_2$ ротор чулғами токининг частотаси f_2 га пропорционал бўлиб, ротор тезлиги n айланувчи магнит майдон тезлиги n_1 дан фарқи ортиши билан X_2 нинг миқдори шунчалар ортиб боради.

Электромагнит моментнинг максимал қиймати (1) ифоданинг сирпаниш бўйича ҳосиласини $dM_{эм} / ds = 0$ нолга тенглаштириб аниқланади:

$$M_{max} = - \frac{m_1 p U_1^2}{2\pi f_1 \left\{ -r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left[x_1 + c_1 x_2'(s) \right]^2} \right\}} \quad (2)$$

Ифода (2) дан кўринадики, ($n > n_1$), тенгсизлик ортиши билан M_{max} нинг абсолют миқдори камайиб боради. Абсолют миқдор M_{max} нинг камайиши математик ифодадан аниқланса, унинг физик асосини ротор қаршилигига уланган бошқарувчи реостатнинг актив қаршилигидаги содир бўладиган қувват исрофи ҳисобига, деб кўриш мумкин.

Юқорида келтирилган тоғли ҳудудлар кичик дарёларининг гидро энергетик потенциали юқорилиги, халқ ҳужалигининг электр энергияга бўлган эҳтиёжи катта эканлиги, яқин ўн йил муддатда электр энергия ишлаб чиқариши 110 млрд. кВт-с га етказиш режаси мавжудлигини эътиборга олиб, фаза роторли асинхрон генератори бўлган нархи арзон, эксплуатацияси кам харажат ва энгил бўлган микро ГЭСларни бизнинг давлатимизда лойиҳалаш, уларни ишлаб чиқариш ва ўрнатишни йўлга қўйиш тадбирлари бажарилса, чекка ҳудудларда юз минглаб янги иш

Библиографик руйхат:

1. Оценка гидроэнергетического потенциала Республики Узбекистан. Fichtner. 2003 г.
2. Узбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422 сонли қарори.
3. Аллаев К.Р. Потенциал эффективных альтернативных источников энергии в Узбекской Республике. Проблемы энерго и ресурсосбережения // № 4, 2015. Ташкент. С 34-36.
4. Копылов И.П. Электрические машины. -М.: Высшая школа, 2006 г. 246 с.
5. Джендубаев А.З. Автономные асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением (развитие теории и практики). Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. д.т.н. -М.: 2007. - 24 с.
6. Пантелеева Л.А. Повышение эффективности работы асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором. дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н., Ижевск. 2012. - 21 с.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 106-108

NETWORK GENERATOR OF MICRO-HYDROELECTRIC POWER STATION

¹Alimkhodjaev K.T., Professor, Department of Electrical Machines, k.alimxodja@mail.ru

²Zokhidov O.U., doctoral student, Tashkent State Technical University, odil_boss85@mail.ru

³Bobokulov A.N., Leading engineer of the department "Chief mechanic", avazbekbobokulov@ngmk.uz

¹Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Almalyk, Uzbekistan

²Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract:

The article is to analyze the asynchronous generator with wound rotor, according to primary sources power plants in the power system of Uzbekistan, to analyse the availability of hydropower potential of small rivers in mountainous areas, the structure of the generators in micro-hydro power, which can be installed in them, the ability to work with technical and economic efficiency, the cost of capital and operating costs. Some indicators of the theoretical foundations of these generators in contrast to the theory of asynchronous motors are given.

Keywords: small hydroelectric power station, asynchronous generator, synchronous generator, short-circuited rotor, asynchronous generator with phase rotor, capital costs, operating costs, characteristic, electromagnetic moment.

References

1. Assessment of the hydropower potential of the Republic of Uzbekistan. Fichtner. Two thousand three.
2. Decree of the president of the Republic of Uzbekistan on measures to ensure more effective organization of the process of acquisition of rights over land parcels and other immovable property as part of the South Caucasus pipeline expansion project more.
3. Allaev K. R. Potential of effective alternative energy sources in the Uzbek Republic. Problems of energy and resource saving // no. 4, 2015. Tashkent. pp. 34-36.
4. Kopylov I. P. Electric machines. - Moscow: Higher school, 2006. 246 p.
5. Djundubaev A. Z. Autonomous induction generators with capacitor excitation (theory and practice). Abstract. Diss. on the floor. academic step. doctor of technical Sciences-Moscow: 2007. - 24 p.
6. Panteleeva L. A. Improving the efficiency of an asynchronous generator with a short-circuited rotor. Diss. on the floor. academic step. Ph. D., Izhevsk. 2012. - 21 p.

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN PHOTO-ENERGY



Пак Ч., профессор школы химического машиностроения, Университет Йунгнам, Корея, доктор PhD



Холбоев Г.О., главный энергетик НГМК



Нарзуллаев Б.Ш., ст.преподаватель кафедры «Электроэнергетика» НГГИ



Расулова Б.И., магистрант НГГИ

Ushbu maqola kremniy asosidagi quyosh batareyalarini mutlaqo yangi modifikatsiyasini ishlab chiqarish uchun diffuzion qotishma texnologiyasini ishlab chiqish va qo'llash imkoniyatlarini ko'rib chiqadi. Supero'tkazuvchilar elektronlarning spin polarizatsiyasining yuqori darajasi va ko'rsatilgan parametrlarga ega yarimo'tkazgichlarni tayyorlash yuqori darajadagi namunali metall bo'lgan silikonni nikel bilan past haroratli diffuzion qotish usuli ko'rib chiqiladi. Mavjud sanoat fotoelementlari bilan taqqoslaganda energiya almashtirish samaradorligining sezilarli darajada oshishi ko'rsatilgan. G'oya shundan iboratki, qizdirish haroratini nazorat qilish orqali klasterlarning o'lchamlarini, ularning hajmini va keng ko'lamda kontsentratsiyasini o'zgartirish mumkin, bu o'z navbatida yarimo'tkazgichli birikmalarning samaradorligini oshirishga imkon beradi.

Tayanch iboralar: Nanoelektronika, mikroelektronika, zamonaviy elektronika, nanostruktura, molekulyar nur, fizik fenomen, haroratga bog'liqlik, yoritilganlik, termomagnet qurilmalar, fotoelektrik xossalari, fotodetektorlar, klasterlar, elektr neytral.

Данная статья рассматривает возможность разработки и применения технологии диффузионного легирования для производства абсолютно новых модификаций фотоэлементов на основе кремния. Рассмотрен метод низкотемпературного диффузионного легирования кремния никелем, который является модельным металлом с высокой степенью спиновой поляризации электронов проводимости и получения полупроводников с заданными параметрами. Приведено показательно повышение эффективности преобразования энергии по сравнению с существующими промышленными фотоэлементами. Идея состоит в том, что, управляя температурой дополнительного обжига, можно в широком интервале изменять размеры кластеров, их распределение по объему и концентрацию, что в свою очередь позволяет увеличить производительность полупроводниковых соединений.

Ключевые слова: Нанозлектроника, микроэлектроника, современная электроника, наноструктура, молекулярный пучок, физические явления, температурная зависимость, освещение, термомангнитные устройства, фотоэлектрические свойства, фотоприемники, кластеры, электрически нейтральные.

Nanoelectronics is the next stage in the development of microelectronics, creating the conditions for the substantial development of modern electronics, information technology, as well as fiber-optic communications. Therefore, the development and creation of new nanostructured materials is of great scientific and practical interest. [1,2]. At present, semiconductor materials with nanostructures are mainly obtained on the basis of molecular ion technology, which possesses rather large capabilities, but at the same time requires complex and expensive electronic equipment. Therefore, of considerable practical interest is the development and creation of new methods for the formation of nanostructures that do not require the use of complex and expensive equipment. We have developed a new method of doping silicon, which allows the formation of clusters of impurity atoms with controlled parameters. This method of nanostructure formation, in contrast to molecular beam epitaxy technology, allows the formation of various types of nanostructures, such as 1D, 2D, 3D, as well as magnetic and multi-charged nanoclusters over the entire volume of the crystal with the necessary concentrations and distributions [3,4].

It has been established that under certain thermodynamic and technological conditions, manganese atoms in silicon create multiply charged and magnetic nanoclusters (fig.1).

In silicon with such clusters, a number of new physical phenomena were discovered that are absent in other materials with nanostructures [5].

On fig. 2 you can see the giant negative magnetoresistance (OMS) found in silicon with nanoclusters of manganese atoms is presented. In contrast to the OMS found in other materials, in this material OMS

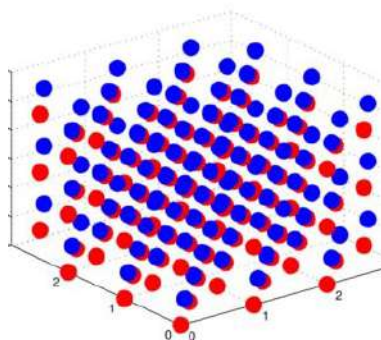


Fig.1. Nanoclusters with impurity manganese atoms in silicon (image obtained on a power atomic microscope)

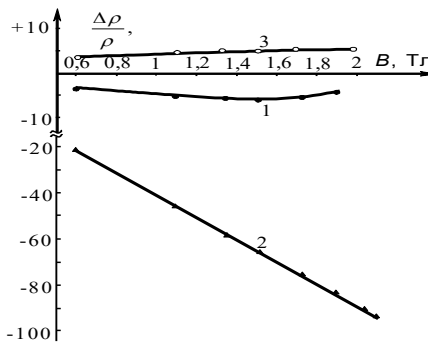


Fig. 2. Dependence of the magnetoresistance of Si samples with nanoclusters on the magnitude of the magnetic field. T = 300 K, E = 100 V/cm

is observed at room temperature and higher and, in addition, is characterized by its anomalously high value. The magnitude of the OMC in such materials can be controlled over a wide range using the electric field, temperature, and lighting [6].

In Fig. 3, the temperature dependence of the OMS is presented.

As can be seen from the figure, its value depending on the temperature has a retrograde character and its maximum value is 300% at T = 230 ÷ 240 K. The dependence of OMS on the light intensity is shown in fig. 4. These data show that by changing the temperature and illumination it is possible to control not only the OMS values, but also to create fundamentally new sensitive photomagnetic, thermomagnetic devices with unique properties [7].

The most interesting phenomena were discovered when studying the photoelectric properties of silicon with nanoclusters of manganese atoms. The developed technology allowed us to form multiply charged nanoclusters with an anomalously large capture cross section for electrons and an anomalously small cross section for holes. Due to these properties, a giant impurity photoconductivity was found in such materials, as well as a significant expansion of spectral sensitivity towards longer wavelengths.

Figure 4 shows the spectral dependences of the photoconductivity of such samples. As can be seen from the figures in these samples, the photoresponse begins with photocurrent energies at hv = 0.16 eV and the photocurrent continuously increases with increasing photon energy and reaches its maximum value at hv = 0.8 eV. These data indicate the creation of highly efficient infrared photodetectors in the region λ = 1.5–8 μm,

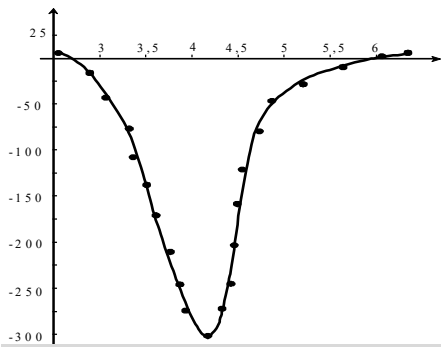


Fig. 3. Temperature dependence of the magnetoresistance for p-type samples with $r = 8 \cdot 10^3 \text{ Ohm cm}$, $V = 2 \text{ T}$

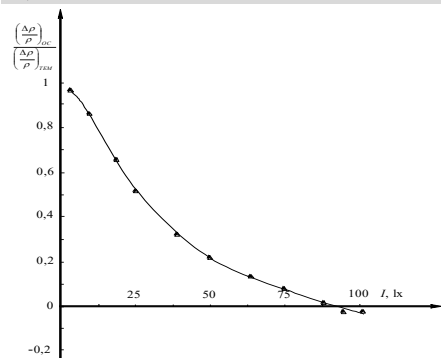


Fig. 4. Relative OMS change from the light intensity in p-Si $\langle B, Mn \rangle$ samples, $B = 2 \text{ T}$, $E = 100 \text{ V/cm}$, $T = 300 \text{ }^\circ\text{C}$

clusters with sizes from $10 \text{ nm} \div 5 \text{ }\mu\text{m}$, which can contain from 103 to 106 atoms and whose concentration is $(10^8 \div 10^{12}) \text{ cm}^{-3}$ (Fig. 5.). The presence of such clusters in the bulk of the crystal makes it possible to create ideal Schottky nano- and microbarriers that can be used as a new class of

which can be used in fiber-optic communications instead of complex and expensive avalanche-span diodes based on Si or GaAs.

The developed technology allowed the authors to form clusters of impurity Ni atoms in the silicon lattice. Unlike nanoclusters of manganese atoms, which consist of four atoms [8] and have certain sizes ($d = 2 \text{ nm}$), and also have powerful magnetic and electric moments, clusters of nickel atoms are electrically neutral, but their size, composition, and concentration - traction can be controlled over a wide range. It was established that by varying the doping conditions,

it is possible to obtain

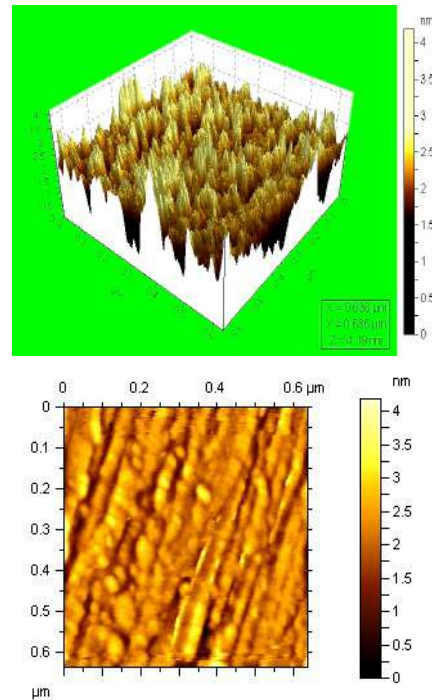


Fig. 5. a) and the topology of the microstructure of the nickel sample in silicon; b) the state of the microparticles of nickel atoms in silicon after additional annealing at a temperature of $T = 700^\circ\text{C}$ for 3 hours at the AFM

current-voltage characteristics both on the surface and in the bulk of the crystal. The study of the properties of clusters of impurity atoms of various nature opens up new facets of nanostructured objects that cannot be detected in materials with nanostructures obtained by conventional technology.

more efficient integrated photocells and highly sensitive and high-speed temperature sensors.

The experimental results presented above showed that the technology developed by us allows us to form a rather large volume of clusters of impurity atoms in various semiconductors with the required sizes, properties, and concentrations. This, in turn, allows us to lay the foundation for an almost new scientific field - "physics of clusters of impurity atoms". In addition, the above means the discovery of new possibilities for controlling and creating polyatomic binary clusters that allow the creation of nano- and micro-pn junctions, heterojunctions, and Schottky barriers with ideal current-voltage characteristics both on the surface and in the bulk of the crystal.

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN PHOTO-ENERGY

¹Pak Ch. X., Professor, School of Chemical Engineering, The Korea Science and Technology Center, chpark@ynu.ac.kr

²Holboev G.O., Chief Power Engineer

³Narzullaev B.Sh., Senior Lecturer of the Department "Power"

³Rasulova B.I., undergraduate

¹Yeungnam University, Gangnam-gu Seoul, Korea

²Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

³Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract:

This article considers the possibility of developing and applying diffusion alloying technology for the production of completely new modifications of silicon-based solar cells. The method of low-temperature diffusion alloying of silicon with nickel, which is a model metal with a high degree of spin polarization of conduction electrons and the preparation of semiconductors with specified parameters, is generally considered. A significant increase in the efficiency of energy conversion compared to existing industrial photocells is shown. The idea is that by controlling the temperature of additional firing, it is possible to change the sizes of clusters, their volume distribution and concentration over a wide range, which in turn allows increasing the productivity of semiconductor compounds.

Keywords: Nanoelectronics, microelectronics, modern electronics, nanostructure, molecular beam, physical phenomenon, temperature dependence, illumination, thermomagnetic devices, photoelectric properties, photodetectors, clusters, electrically neutral.

References

1. M.G. Milvidsky, V.V. Chaldyshev. Nanoscale atomic clusters in semiconductors - a new approach to the formation of material properties // FTP. 1998.V. 32. No. 5. - FROM. pp. 513-518.
2. M.K. Bakhadyrkhanov, G.Kh. Mavlonov, S.B. Isamov, Iliyev H.M., K.S. Ayupov, Z.M. Sapariyazova, S.A. Tachili. Inorganic materials, 47 (5), 545 p. (2011).
3. M.K. Bakhadyrkhanov, G.Kh. Mavlonov, K.S. Ayupov, S.B. Isamov. FTP, 44 (9), 1181 (2010).
4. Litovchenko V.G., Popov V.G., Svechnikov S.V. Amorphous Silicon Solar Cells // Optoelectronics and Semiconductor Technology. 1983, No. 3. - pp. 3-12.
5. Nanotechnology in electronics. Edited by Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences Yu.A. Chaplygin - Moscow: Technosphere. 2005. - pp. 65-66.
6. Bahadyrkhanov M.K., Ayupov K.S., Iliyev H.M., Mavlonov G.Kh., Sattarov O.E. The influence of the electric field, illumination, and temperature on the negative magnetoresistance of silicon doped by the low-temperature diffusion method. FTP, 2011. pp. 59-62.
7. Abdurakhmanov B.A., Bakhadirkanov M.K., Saitov E. B. and other // Formation of Clusters of Impurity Atoms of Nickel in Silicon and Controlling Their Parameters Nanoscience and Nanotechnology, 2014 years. Vol. 4 No. 2. pp. 29-32.
8. Abdurakhmanov B.A., Bakhadirkanov M.K., Iliyev H. M., Saitov E. B. and other // Silicon with Clusters of Impurity Atoms as a Novel Material for Photovoltaic // Nanoscience and Nanotechnology, 2014 years. Vol. 4.No. 3. pp. 36-39.

СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ НАЛЕДИ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ СУПЕРГИДРОФОБНОГО ПОКРЫТИЯ



Баранова М.П.,
зав. кафедры «Системозенергетики ИИСи Э ФГАОУ ВО» Красноярского государственного аграрного университета, д.т.н., профессор



Каршибаев А.И.,
декан ЭМФ НГГИ, д.т.н.



Рахмонов Ф. Н.,
зам. декана ЭМФ НГГИ



Хамидов А.А.,
Инженер энергетик ИЦВНТ НГМК

Ushbu maqolada yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining simlarida muz shakllanishiga qarshi kurashish usuli sifatida superhydrophobic qoplamasini ishlatish varianti ko'rib chiqiladi. Super-hidrofobik qoplama, uning asosiy mulki suyuqliklarni qaytarishidir. Tabiatda shunga o'xshash ta'sir Lotus effekti deb nomlanadi. Ushbu mulkning printsipi yopishqoqlikka qarshi turish uchun qoplanadigan ob'ekt yuzasida nano-relef yaratishga yordam beradigan maxsus moddalardan foydalanishga asoslangan. Himoya qatlamini sirtga qo'llash ma'lum bir materialning uzoq umr ko'rishini ta'minlash usullaridan biridir. Bunday himoya qatlamlari bo'yoq yoki lak bo'lishi mumkin. Ularning barchasi neft mahsulotlariga asoslangan polimerlardir.

Tayanch iboralar: yopishish, muz, elektr uzatish liniyalari, yuqori kuchlanish, muzlash, namlash burchagi, Lotus effekti, suyuqlik qaytarilishi, elektrolitik oksidlanish.

В данной статье рассмотрен вариант применения супергидрофобного покрытия в качестве метода, борьбы с образованием наледи на проводах линиях электропередач высокого напряжения. Супергидрофобное покрытие, это покрытие основным свойством которого является отталкивание жидкостей. Подобный эффект в природе называется эффектом «Лотоса». Принцип данного свойства основан на применении специальных веществ, способствующих созданию на поверхности покрываемого объекта, nano рельефа противодействующему адгезии. Нанесение на поверхность защитного слоя, это один из методов обеспечить долгий срок службы, того или иного материала. Такими защитными слоями может быть краска либо лак. Все они являются полимерами на основе нефтепродуктов.

Ключевые слова: адгезия, гололед, линии электропередач, высокое напряжение, обледенение, угол смачивания, эффект «Лотоса», отталкивание жидкости, плазменное электролитическое оксидирование.

На сегодняшний день, супергидрофобные покрытия широко применяются в промышленности и в быту. Самым популярным из них является политетрафторэтилен или более известный как тифлон. Не смотря на свои благородные свойства, тифлон высоко токсичен. Принципиальная схема защищенной поверхности показана на рис.1.

Основные требования для супергидрофобных покрытий:

- стойкость;
- действенность;
- прочность;
- приемлемая цена.

Еще одной важной средой где используется супергидрофобные покрытия, является сфера создания супергидрофобных фильтров для очистки топлив и масел от примесей воды. Применение таких фильтров позволяет разделять водно-масляные эмульсии с высокой эффек-

тивностью в широком диапазоне составов дисперсионных систем и размеров частиц диспергированной фазы. Однако, придание супергидрофобных свойств поверхности материалов необходимо не только для бытовых нужд. Чрезвычайно высок потенциал использования таких материалов в промышленности и авиации. В настоящее время целый ряд мировых научных центров и научно-исследовательские отделы ряда крупнейших фирм-производителей активно ведут работы в области создания супергидрофобных материалов и покрытий различного назначения. Актуальность таких работ, например, для электроэнергетики связана с необходимостью создания энергосберегающих технологий при транспортировке электроэнергии. Хорошо известно, что значительные потери на линиях электропередач связаны с повреждением и изменением функциональных свойств элементов ЛЭП, возникающих в результате взаимодействия этих элементов с атмосферной влагой. К основным проблемам, решение которых позволит сделать электроэнергию дешевле для каждого потребителя, относятся: коррозия металлических опор, арматуры и растрескивание железобетонных опор ЛЭП; возрастание токов утечки по поверхности изоляторов; повреждения и нарушение работы опор, проводов, изоляторов и грозозащитных тросов вследствие отложений гололеда или снега.

До настоящего времени каждая из перечисленных проблем представляла собой самостоятельную задачу и решалась независимо. Так, для снижения поверхностных токов утечки увеличивают длину изоляторов,

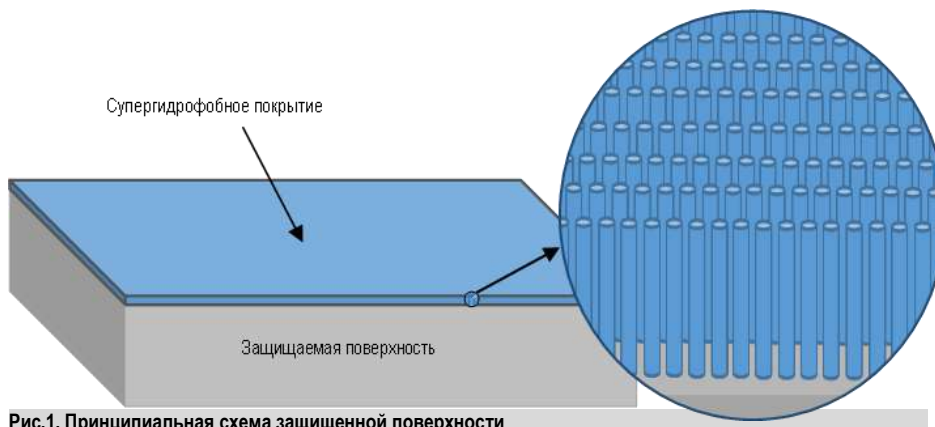


Рис.1. Принципиальная схема защищенной поверхности

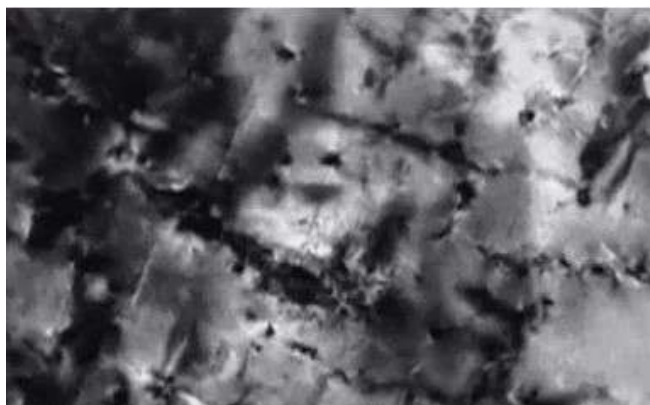


Рис.2. Поверхность алюминиевого провода в 200 кратном увеличении

периодически промывают их поверхности на действующих ЛЭП, уменьшают регламентные сроки службы. Для защиты от коррозии опор ЛЭП применяют специальные дорогостоящие методы обработки поверхности, например оцинковку. Защита от обледенения до настоящего времени обеспечивалась малоэффективными механическими и электрохимическими методами, которые не позволяют предотвратить обледенение, а лишь ликвидируют его последствия.

У большинства материалов, в особенности у металлов, неровная поверхность способствует растеканию и задержке воды на ней. Так как основным материалом ЛЭП является алюминий, данная проблема проявляется наиболее выраженным образом. Поскольку, алюминий мягкий материал, его пластичность обеспечивается за счет его пористой структуры. В исследованиях по устранению обледенения на ЛЭП тщательно изучена поверхность алюминиевого провода. Поверхность алюминиевого провода в 200 кратном увеличении показана на рис. 2.

Поверхность алюминия и его сплавов в частности благодаря высокому сродству к кислороду в сухой воздушной атмосфере всегда покрыта тонким слоем оксида алюминия. При этом даже умеренная влажность окружающего воздуха ведет к гидратации оксида и формированию рыхлого, слабо сцепленного с металлом слоя гидроксида алюминия $Al(OH)_2$.

Для того чтобы нанести супергидрофобный состав на поверхность алюминия, необходимо с начала избавиться от оксидной пленки на его

поверхности. В естественных нормальных условиях толщина данной пленки варьируется в пределах 1-3 нм. При условии, что провода ЛЭП находятся на относительной высоте и имеют довольно большую протяженность, зачистка верхнего слоя провода от оксида для последующего нанесения на него супергидрофобного покрытия становится далеко не простой задачей. Контакт алюминиевых сплавов с агрессивными растворами электролитов, в частности содержащих хлорид-ионы, приводит к быстрому разрушению пассивной пленки и растворению металла. Причем коррозионный процесс протекает в этом случае с очень высокой скоростью.

Среди методов, с помощью которых формируют защитные покрытия на поверхности алюминия и его сплавов, из рассмотренных в качестве примера все большее распространение получило плазменное электролитическое оксидирование (ПЭО). Это обусловлено свойствами сформированных методом ПЭО-покрытий: высокой адгезией, увеличенной в сравнении со сплавом микротвердостью и антикоррозионными свойствами. Однако, несмотря на положительные характеристики данного типа покрытий, их пористость может достигать 20% и более. Кроме того, поверхностные слои, имеющие в морфологической структуре даже незначительные микродефекты, обладают невысокими защитными свойствами. А если учитывать температурные перепады, к которым подвержены ЛЭП, то микротрещин, на поверхности слоя не избежать. Если ПЭО-слой имеет дефект микронного размера, контактирующий с хлоридсодержащим раствором, то разрушение металла становится неизбежным, причем коррозионный процесс протекает на границе раздела покрытие / металл. Кроме этого, такого рода методика является дорогостоящей.

Поскольку ныне существующие методы не являются приемлемыми для проводов ЛЭП, возникает острая необходимость в изыскании более простых и надежных методов с относительно низкой себестоимостью. Именно эти аспекты, взяты в качестве основного критерия оценки разрабатываемых методов НГГИ, для предотвращения образования наледи на ЛЭП.

Известно, что для того чтобы заставить капли образованные в следствии десублимации при значительных перепадах температур атмосферного воздуха, скатываться под воздействием гравитации, необходимо создать достаточную шероховатость поверхности. Данная шероховатость называется нано рельефом в пределах 0,1-0,3 нм. Только при этих условиях создается достаточный угол смачивания.

Особый интерес для понимания природы процессов, протекающих на поверхности при контакте с водными средами, представляло изучение

Таблица 1

Угол смачивания при отсутствии защитного супергидрофобного покрытия

Температура	- 4°С	- 7°С	- 10°С	- 14°С
Угол смачивания в градусах	86	88	86	88
	87	86	86	89
	83	89	87	89
	88	87	85	89

Таблица 2

Состав супергидрофобного покрытия на основе природного силиката кальция

№ п/п	Наименование ингредиента	Процентное соотношение, %
1	Валлостонит	38
2	Костровое масло	18
3	Фосфатное связующее ФС-3	1,2
4	Ацетон	0,9
5	Эпоксидная смола	4,5
6	Порошок цинковый	14
7	Технический спирт	3,4
8	Соляная кислота	20

Таблица 3

Состав супергидрофобного покрытия на основе воскоподобных смесей предельных углеводов

№ п/п	Наименование ингредиента	Процентное соотношение, %
1	Производственный парафин	53
2	Костровое масло	9
3	Фосфатное связующее ФС-3	0,02
4	Глицерин	15
5	Эпоксидная смола	4,5
6	цинковая соль	0,4
7	Технический спирт	18,08



Рис. 3. Поверхность необработанной алюминиевой пластины



Рис.4. Поверхность обработанная супергидрофобным покрытием на основе природного силиката кадмия



Рис.5. Поверхность обработанная супергидрофобным покрытием на основе воскоподобных смесей предельных углеводородов

зависимостей углов смачивания от времени контакта капли с подложкой (динамики смачивания). Для получения таких зависимостей была разработана экспериментальная методика, позволяющая минимизировать интенсивность процесса испарения капли и проводить эксперименты по изучению динамик смачивания в течение более 4 часов. В качестве образца использовались несколько алюминиевых пластин размерами 4x3, 3,5x5 и 5,2x3,7 см. Образец помещался внутрь экспериментальной ячейки, в которой поддерживалась 100% влажность посредством постоянного опрыскивания, затем помещался в морозильную камеру. При этом данные по контактному диаметру капли позволяли однозначно определять измеряемые в ходе исследований динамик смачивания краевые углы как углы натекания.

Поверхности образцов предварительно были начищены наждачной бумагой мелким (нулевым) абразивом и были обезжирены техническим спиртом. Напыление пластин производилось при различных отрицательных температурах. Угол смачивания при отсутствии на образцах защитного супергидрофобного покрытия приведена в табл.1.

По результатам опытов видно, что без никакого покрытия угол смачивания поверхности алюминиевых пластин недостаточен для обеспечения антиадгезионных свойств.

В качестве ключевого ингредиента для будущего супергидрофобного покрытия были разработаны модификации покрытий на основе природного силиката кальция $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$ и воскоподобных смесей предельных углеводородов (алканы) $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$, (октадеканы) до $\text{C}_{35}\text{H}_{72}$ (пентатриоктаны).

Супергидрофобное покрытие на основе природного силиката кальция.

В консистенцию данного состава супергидрофобного покрытия вошли легкодоступные эмульгаторы и растворители. Самую высокую долю содержания имеет Воллстонит.

Состав супергидрофобного покрытия на основе природного силиката кальция приведен в табл.2.

Супергидрофобное покрытие на основе воскоподобных смесей предельных углеводородов.

Основной элемент данного состава промышленный парафин. В парафинах обычно содержится некоторое количество изопарафиновых углеводородов, а также углеводородов с ароматическим или нафтеновым ядром в молекуле. Состав воскоподобных смесей предельных углеводородов приведен в табл.3.

Предварительно проведен эксперимент над не обработанной поверхностью алюминиевых пластин. На рис.3 отображены адгезионные свойства алюминиевой пластины, без супергидрофобного покрытия.

Из рисунка (фотографии) видно, угол смачивания поверхности значительно ниже необходимой отметки. Кроме того, капля образует не произвольную геометрическую форму, что явно показывает отсутствие у поверхности защитных свойств. В данной ситуации жидкость с легкостью сцепляется с поверхностью металла образуя жесткую связь между металлом.

Заранее подготовленные составы были нанесены на разные пластины.

Состав супергидрофобного покрытия на основе природного силиката кальция.

Заранее подготовленный состав, прогрет до температуры 55°C, с помощью лабораторной газовой горелки. Затем с помощью шприца был перенесен на поверхность алюминиевой пластины. После чего с использованием пластиковой ложечки был равномерно распределен по поверхности пластины. На вторую пластину состав был опрыскан с помощью бытового распылителя. Методика нанесения проводилась несколько раз, на разных пластинах, с целью достижения наиболее тонкого слоя. После нанесения покрытия, образцы оставляли остывать при комнатной температуре. После чего, на образцы распылялась обычная питьевая вода. В результате чего, во всех образцах наблюдалась значительно низкая адгезия, и при наклоне пластины, вода беспрепятственно стекала с поверхности. На рис.4 показана поверхность обработанная супергидрофобным покрытием на основе природного силиката кадмия.

Состав супергидрофобного покрытия на основе воскоподобных смесей предельных углеводородов.

Заранее подготовленный состав, прогрет до температуры 55°C, с помощью лабораторной газовой горелки. Затем с помощью Шприца был перенесен на поверхность алюминиевой пластины. После чего с использованием пластиковой ложечки был равномерно распределен по поверхности пластины. На вторую пластину состав был опрыскан с помощью бытового распылителя. Методика нанесения проводилась несколько раз, на разных пластинах, с целью достижения наиболее тонкого слоя.

После нанесения покрытия, образцы оставляли остывать при комнатной температуре. После чего, на образцы распылялась обычная питьевая вода. В результате чего, во всех образцах наблюдалась значительно низкая адгезия, и при наклоне пластины, вода беспрепятственно стекала с поверхности. Поверхность обработанная супергидрофобным покрытием на основе воскоподобных смесей предельных углеводородов показана на рис. 4.

Результаты научно-исследовательских опытов приведены в таблице 4.

Из приведенных на рис. 6 и 7 графических зависимостей видно, что при более тонком нанесении супергидрофобного покрытия, угол смачивания возрастает. Это выгодно в экономическом плане, но требует технологического решения в нанесении. Чтобы произвести столь тонкое напыление, необходимо использовать более низковязкие эмульгаторы, поскольку высокое воздействие давлением при распылении может вызвать структурные изменения супергидрофобного покрытия.

Как ранее упоминалось, были использованы пластины с произвольными размерами 4x3, 3,5x5 и 5,2x3,7 см. У всех образцов были замерены поверхностные электрические сопротивления, как до нанесения, так и после.

Результаты научно-исследовательских опытов

Наименование состава	Толщина слоя, мм	Угол смачивания, °	Температура окружающей среды, °С
Состав супергидрофобного покрытия на основе природного силиката кадмия	0,04	145	-4
	0,037	142	-7
	0,037	143	-10
	0,038	143	-14
Состав супергидрофобного покрытия на основе воскоподобных смесей предельных углеводородов	0,039	151	-4
	0,036	148	-7
	0,028	147	-10
	0,032	148	-14

Таблица 5

Электрическое сопротивление на поверхности алюминиевых пластин

Размер пластин	4x3 см	3,5x5 см	5,2x3,7 см
До нанесения	0,9Ω	0,9Ω	1,0Ω
После нанесения	0,9Ω	0,9Ω	1,0Ω

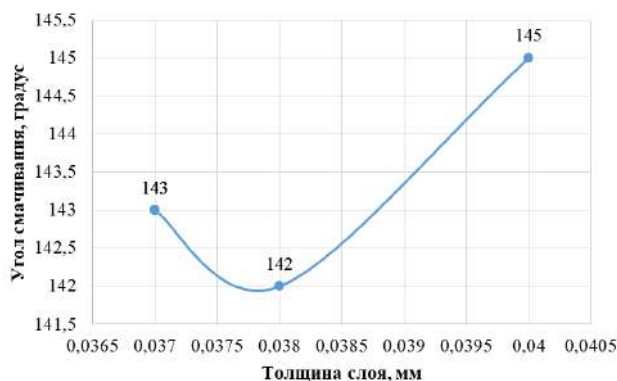


Рис.6. Зависимость изменения угла смачивания от толщины слоя супергидрофобного покрытия на основе природного силиката кадмия

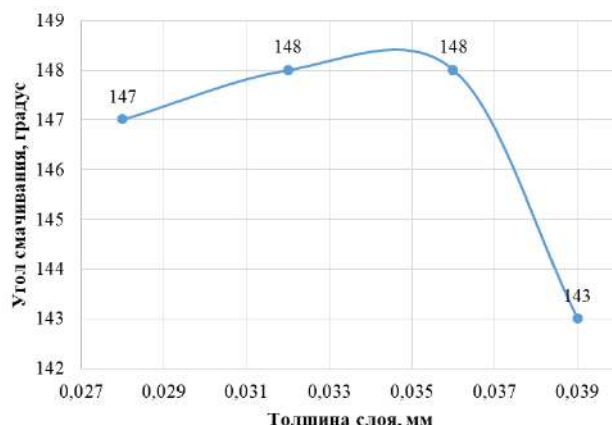


Рис. 7. Зависимость изменения угла смачивания от толщины слоя супергидрофобного покрытия на основе воскоподобных смесей предельных углеводородов

Супергидрофобное покрытие будет наноситься на поверхность ЛЭП, в виде эмульсионного раствора, в необходимой плотности, в зависимости от инструмента нанесения. Технология нанесения предполагает поляризацию металлических включений в составе супергидрофобного покрытия. Нанесение производится при помощи пневматического распыления, с соблюдением температурного режима. 55°С.

Библиографический список:

1. Левченко И.И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 494 с.
2. Санакулов А.Х., Сафин А.Н. Совершенствование работы токоприемников подвижного состава с контактной сетью. // Проектирование и исследование технических систем: межвузовский научный сборник. - Набережные Челны: Изд-во ИНЭКА, 2010. – Вып.№2(16). - С. 61-67.
3. Никитина И.Э., Абдрахманов Н.Х., Никитина С.А. Способы удаления льда с проводов линий электропередачи // Нефтегазовое дело. – 2015. - №3. – С.794-823. - [Электронный ресурс]: <http://www.ogbus.ru>.
4. Васильев Ю.А., Гребнев С.А. Предотвращение и ликвидация гололедных образований в распределительных сетях ОАО «Сетевая компания». – Казань: ОАО «Сетевая компания», 2012. – 76 с.
5. Коняхин Г.Ф., Сулима В.С. Способ борьбы с обледенением контактного провода и его реализация // Сборник научных трудов Харьковского университета Воздушных Сил им. И.Кожедуба. - Харьков, 2013. – С.151-153. - [Электронный ресурс]: <http://nbuv.gov.ua/node/554>.
6. Левченко И.И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 448 с.
7. Дьяков А.Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях. Пятигорск: Изд-во РП «Южэнергонадзор», 2000. 284 с.
8. Рудакова Р.М. Борьба с гололедом в электросетевых предприятиях. Уфа: Изд-во УГАТУ, 1995. 125 с.
9. Способ и устройство для борьбы с гололедом на линиях электропередач / Каганов В.И.: пат. 2356148 С1 Росс. Федерация, МПК Н 02 G 7/16., № 2008119101/09; заявл. 15.05.2008; опубл. 20.05.2009, бюл. № 14;
10. Бойнович Л. Б., Емельянов А.М. Методы борьбы с обледенением ЛЭП: перспективы и преимущества новых супергидрофобных покрытий. //Журнал ЭЛЕКТРО № 6/2011.
11. Устройство для сброса гололедных отложений с проводов / Белый Д. М., Афанасьев Г.Ф.: пат. № 2481684 Росс. Федерация. № МПК Н 02 G 7/16, опубл. 10.05.2013 г., бюл. № 1. 3 с.
12. Способ удаления обледенения с проводов линий электропередач / Козин В.М., Соловьев В.А., Орлов Д.А., Сухоруков С.И., Малых К.С. : пат. 2442256 С1 Росс. Федерация, МПК Н 02 G 7/16.; № 2010144485/07 ; заявл. 29.10.2010 ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4. 4с.
13. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2003. 542 с.

SUPERHYDROPHOBES IN THE WAY OF WARNING FOR THE FREE ON THE FORECAST

¹Baranova M.P., Head Department, Doctor of Technical Sciences, Professor

²Karshibaev A.I., Dr. technical science, Askar79@umail.uz

²Rakhmonov F. N., Senior Lecturer, Askar79@umail.uz

³Hamidov A.A., Energy Engineer Innovation Center for the Introduction of New Technologies, AA.Hamidov@ngmk.uz

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

³Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

This article discusses the option of using superhydrophobic coating as a method of combating the formation of ice on the wires of high voltage power lines. Superhydrophobic coating, a coating whose main property is the repulsion of liquids. A similar effect in nature is called the Lotus effect. The principle of this property is based on the use of special substances that contribute to the creation of a nano relief on the surface of the object to be coated, which counteracts adhesion. Application of a protective layer to the surface is one of the methods to ensure a long service life of a particular material. Such protective layers can be paint or varnish. All of them are polymers based on petroleum products.

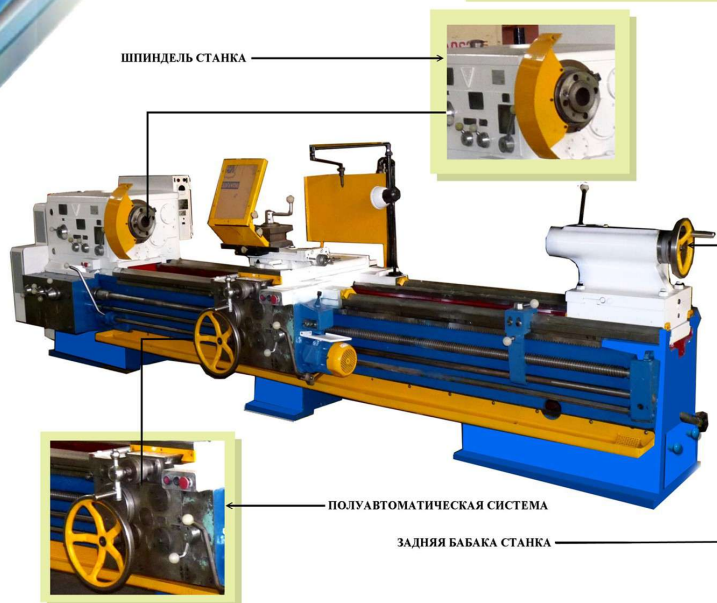
Keywords: adhesion, ice, power lines, high voltage, icing, wetting angle, Lotus effect, liquid repulsion, plasma electrolytic oxidation

References

- 1.Levchenko I.I. Diagnostics, reconstruction and operation of overhead power lines in icy areas. M.: Publishing House MPEI, 2007. 494 p.
- 2.Sanakulov A.Kh., Safin A.N. Improving the operation of current collectors of rolling stock with a contact network. // Design and study of technical systems: interuniversity scientific collection. - Naberezhnye Chelny: INECA Publishing House, 2010. - Issue No. 2 (16). - pp. 61-67.
- 3.Nikitina I.E., Abdrakmanov N.Kh., Nikitina S.A. Methods for removing ice from wires of power lines // Oil and gas business. - 2015. - No. 3. - pp.794-823. - [Electronic resource]: <http://www.ogbus.ru>.
- 4.Vasiliev Yu.A., Grebnev S, A. Prevention and liquidation of ice formations in the distribution networks of JSC Network Company. - Kazan: OJSC "Network Company", 2012. - 76 p.
- 5.Konyakhin G.F., Sulima V.S. A method of combating icing of a contact wire and its implementation // Collection of scientific papers of Kharkov University of Air Force named after I. Kozheduba. - Kharkov, 2013. -- pp.151-153. - [Electronic resource]: <http://nbuv.gov.ua/node/554>.
- 6.Levchenko I.I. Diagnostics, reconstruction and operation of overhead power lines in icy areas. M.: Publishing House MPEI, 2007. 448 p.
- 7.Dyakov A.F. Prevention and liquidation of ice accidents in electric networks. Pyatigorsk: Publishing house of RP "Yuzhenergotekhnadzor", 2000. 284 p.
- 8.Rudakova R.M. Fighting ice in electric grid enterprises. Ufa: Publishing house of USATU, 1995. 125 p.
- 9.Method and device for combating icing on power lines / Kaganov V.I. : Pat. 2356148 C1 Ross. Federation, IPC H 02 G 7/16., No. 2008119101/09; declared 05/15/2008; publ. 05/20/2009, bull. No. 14;
- 10.Boynovich L. B., Emelyanov A.M. Power line icing control methods: prospects and advantages of new superhydrophobic coatings. // ELECTRO Magazine No. 6/2011.
- 11.A device for dumping ice deposits from wires / Bely D.M., Afanasyev G.F. : Pat. No. 2481684 Ross. Federation. IPC H 02 G 7/16, publ. 05/10/2013, bull. No. 1. 3 .p.
- 12.The method of removing icing from wires of power lines / Kozin V.M., Soloviev V.A., Orlov D.A., Sukhorukov S.I., Malykh K.S. : US Pat. 2442256 C1 Ross. Federation, IPC H 02 G 7/16. ; No. 2010144485/07; declared 10/29/2010; publ. 02/10/2012, Bull. No. 4. 4 p.
- 13.Trofimova T.I. Physics course. M.: Higher School, 2003. 542 p.



СТАНОК ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ МОДЕЛИ 1М63



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: inonmz@ngmk.uz

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ НА 2020-2022 ГГ. ПО ГП «НГМК»

Malumki, jahon iktisodiyoti raqobatlashida investitsiya iktisodiyoti tamoyillari muhim urin tutadi.

"Navoiy KMK" buyurtma makavadasi Davlat korxonasining 2020 - 2022 yy. mulgaljandgli sarmoyalash dasturini ishlab chiqarish chiklishishi va uziga xos tarkibiy jihatlari to'g'risida fikr yuritiladi.

Mazur investitsiya dasturi "Navoiy KMK" Davlat korxonasining sarmoyasi asoshi bulib, uzida investitsiya strategiyasi ko'k bolta bilan amalga oshiriladi.

Tayanch iboralar: investitsiya, dastur, biznesni qisqartirish, strategiya, rakobatbar-doshlik, rezhalashtirish, yordam, Navoiy KMK DK, kapital qurilish, yangi qurilish, moderni-zatsiya, texnik va texnologik to'plamni o'rnatish.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что мировая экономика работает на принципах инвестиционной экономики.

В статье рассмотрена сущность и особенности формирования инвестиционной программы на 2020 – 2022 гг. по ГП «Навоийский ГМК».

Инвестиционная программа разработана как результат инвестиционной деятельности комбинации и формировалась в русле его инвестиционной стратегии.

Ключевые слова: инвестиции, программа, бизнес-план, стратегия, конкурентоспособность, планирование, формирование, ГП «Навоийский ГМК», капитальное вложение, новое строительство, модернизация, техническое и технологическое перевооружение.

При формировании перечня проектов (объектов), реализуемых в рамках Инвестиционной программы на 2020-2022 гг., за основу были приняты следующие основополагающие принципы:

– охват переходящих с 2019 года инвестиционных проектов, предусмотренных ранее принятыми решениями Президента Республики Узбекистан, в первую очередь, постановлением Президента Республики Узбекистан от 19 декабря 2019 года № ПП-4067 «О мерах по реализации Инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2019 год»;

Отличительной особенностью сформированного проекта Инвестиционной программы от программ предыдущих лет является:

первое, программа по освоению и привлечению инвестиций утверждается на трёхлетний период, то есть на 2020-2022 годы.

второе, одновременно программой утверждаются целевые параметры по освоению и привлечению инвестиций на 2021 и 2022 годы по всем источникам финансирования;

третье, в адресную часть программы включены только те проекты, по которым имеются проектно-сметные документации с определением конкретных источников финансирования проектов.

I. Ожидаемые итоги исполнения утвержденного перечня инвестиционных и инфраструктурных проектов на 2019 год по ГП «Навоийский ГМК».

Перечни инвестиционных и инфраструктурных проектов на 2019 год утверждены постановлением Президента Республики Узбекистан от 19 декабря 2019 года № ПП-4067.

По итогам 2019 года ожидаемые параметры освоения инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования составят 645,9 млн. долл. США. Для достижения указанного объема освоения осуществлялось финансирование по кредиту Минфина – 89,9 млн. долл. США, по средствам Фонда реконструкции и развития – 158,01 млн. долл. США, по кредитам коммерческих банков – 397,1 млн. долл. США. По сравнению с 2018 годами темп роста освоения капитального вложения составляет 158%.

Однако необходимо отметить, что за 2018- 2019 гг. объем капвложения на модернизации, технического и технологического перевооружения составляет всего 16,6% и 14,5% от общего объема капвложения.

В 2019 году вводится 7 проектов с общей стоимостью 234,07 млн. долл. создаётся 288 рабочих мест в т.ч.:

–Строительство горнорудного комплекса на базе месторождений Зармитанской золоторудной зоны (III-этап). Месторождение "Урталик" ("Промежуточное") с общей стоимостью – 97,03 млн. долл. США;

–Усовершенствование технологии извлечения золота из упорных руд месторождений "Кокпатас" и "Даугызтау" с общей стоимостью – 114,0 млн. долл. США;

–Создание детского городка для воспитанников дома милосердия "Шодлик" на базе гостиницы Центрального рудоуправления с общей стоимостью – 3,0 млн. долл. США;

–Строительство резервного водоёма технической воды в г.Учкудук с общей стоимостью – 2,56 млн. доллар;

–Строительство птицефермы в Тахиаташском районе Республики Каракалпакистан с общей стоимостью – 1,60 млн. долл.США;

–Строительство линии по оцинкованию металлов в Тахиаташском заводе металлоконструкций и нестандартных оборудований с общей стоимостью – 2,68 млн. долл.США;

–Электроснабжение промышленных объектов проекта "Расширение перерабатывающих мощностей ГМЗ-2" (I-II этапы) с общей стоимостью – 13,20 млн. долл.США.

В результате своевременной и качественной реализации инвестиционных проектов ожидается увеличение производство золота по сравнению с 2017 годом на 102%, серебро на 117,5%и уран на 103%.

II. Основные положения Инвестиционной программы ГП «Навоийский ГМК» на 2020-2022 годы).

Инвестиционная программа по ГП «Навоийский ГМК», реализуемых за счет средств прямых иностранных кредитов разработана Департаментом инвестиций.

При формировании инвестиционной программы на 2020- 2022 гг. нами выполнены комплексный анализ инвестиционных программ предыдущих лет и прогнозы за период 2010- 2026 гг. (рис. 1, 2).

В результате комплексного анализа подтверждено, что для увеличения производства драгоценных металлов немалое значение имеет оптимальные объемы капвложений на новое строительство и на модернизацию, технического и технологического перевооружения производства.

Учитывая вышеизложенные целевые параметры по освоению инвестиций в рамках Инвестиционной программы по производству золота на 2020-2022 гг. составят:

–на 2020 г. освоение – 632,9 млн. долл. США, привлечение 645.4 млн.долл.США;

–на 2021 г. освоение–637,6 млн. долл. США, привлечение 626.6 млн. долл. США;

–на 2022 г. освоение –651,4 млн. долл. США, привлечение 645.2млн. долл. США.

Инвестиционной программой на 2020 год по ГП «Навоийский ГМК» предусматривается реализация 25 инвестиционных проектов по производству золота с общей стоимостью 3 222,7 млн. долл. США и с остаточной стоимостью на 01.01.2020 г. 2 219,9 млн. долл. США и созданием более 7 600 новых рабочих мест. Из них: 1) новое строительство – 1565.4 млн. долл. США; 2) модернизация, техническое и технологическое перевооружения производства – 654.5 млн. долл. США;

В новое строительстве включены 10 крупных стратегических важных инвестиционных проектов. Из них 8 проектов переходящие и 2 вновь начинаемые инвестиционные проекты. Необходимо отметить, что реализация 6-ти крупных инвестиционных проектов завершиться 2021-2022 гг. и в в комбинате будет создана дополнительная перерабатывающая мощность со сопряженностей горнодобычной и горнотранспортной мощностей.

– Строительство рудника по добыче и переработке золотосодержащих руд месторождений Ауминзо-Амантойского рудного поля» (ГМЗ-5) II-этапы с общей стоимостью – 528,4 млн. долл.США., сроки реализации 2017-2022 гг.

– Строительство комплекса по переработке техногенных отходов ЦКВЗ ГМЗ-7 (I-II этапы), общей стоимостью – 247,6 млн.долл. США., сроки реализации 2018-2021 гг.



Рузиев Н.Р.,
Начальник департамента
инвестиции ГП «НГМК»,
к.т.н., доцент

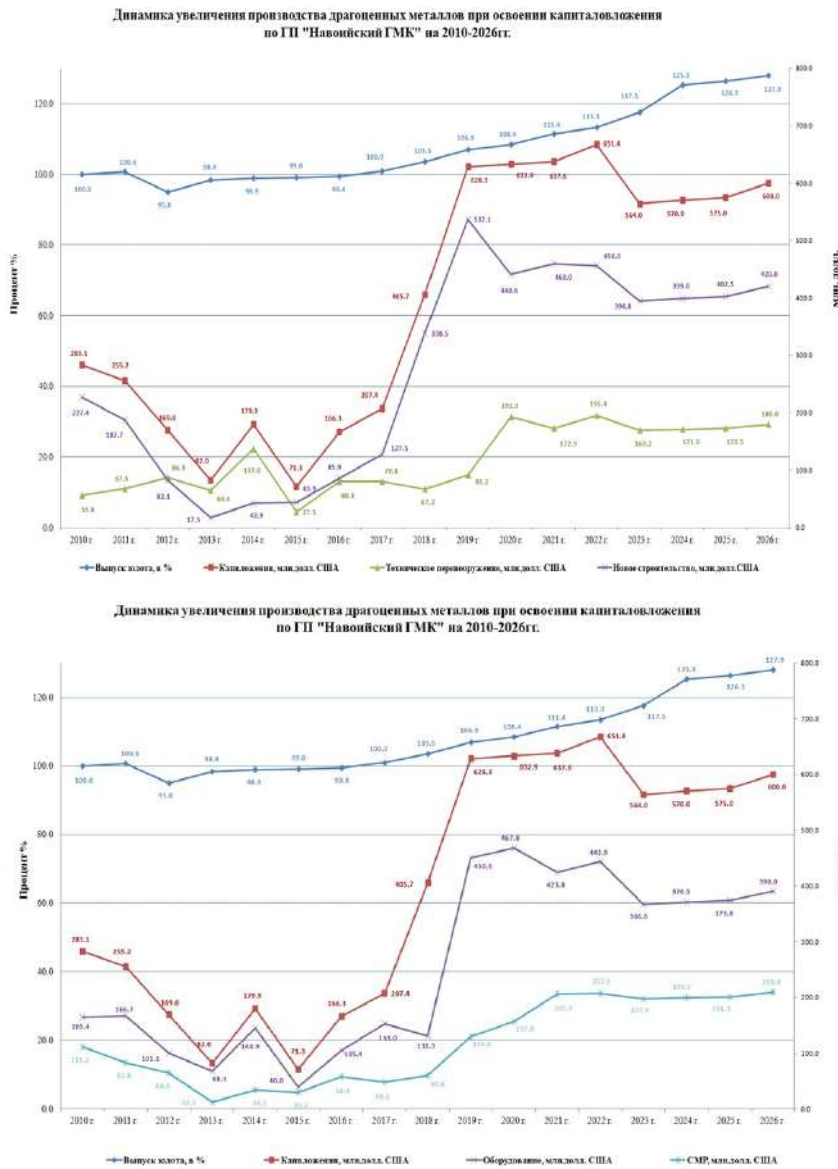


Рис. 1.2. Динамика увеличения производства НГМК на 2010-2026 гг

- Вскрытие, подготовки и отработка запасов горизонта 660 м и 600 м Восточной части месторождения "Чармитан" с использованием ствола шахты №10 рудника Зармитан общей стоимостью – 26,6 млн.долл.США сроки реализации 2018-2020 гг.
- Электроснабжение промышленных объектов проекта "Строительство комплекса по добыче и переработке золотосодержащих руд месторождения Пистали (ГМЗ-6) общей стоимостью – 28,1 млн. долл. США, сроки реализации 2020-2021 гг
- Расширение перерабатывающих мощностей ГМЗ-2 (II этап) общей стоимостью – 168,3 млн. долл. США, сроки реализации 2018-2023 гг.
- Расширение и реконструкция хвостового хозяйства ГМЗ-2 общей стоимостью – 45,0 млн.долл.США, (II-этап) сроки реализации 2016-2022 гг.

Дополнительная перерабатывающая мощность обеспечивается за счет строительства ГМЗ-5 и ГМЗ-7 а также с учетом расширения перерабатывающих мощностей ГМЗ-2 и увеличения составит 32 млн. тн. В результате перерабатывающая мощность комбината в 2022 году по сравнению с 2016 годам увеличится на 148 процентов и выпуск первого металла на 119 процентов.

Реализация 4-х крупных инвестиционных проектов завершится 2024-2026 гг в т. ч.:

- «Отработка карьера Мурунтау»(V-очередь) 1-этап, с общей стоимостью – 733,9 млн.долл.США,
- Электроснабжение промышленных объектов карьера «Мурунтау» общей стоимостью – 109,7 млн.долл.США,
- «Отработка нижних горизонтов горнорудного комплекса на базе месторождений Зармитанской золоторудной зоны» с общей стоимостью – 235,6 млн.долл.США.
- «Строительство дорожно-транспортной и инженерно коммуникационной инфраструктуры» с общей стоимостью – 253,4 млн.долл.США.

В результате реализации этих проектов только карьеру «Мурунтау» по сравнению с 2016 годом объем добычи горной массы увеличится в порядке 3 раз и объем добычи руды достигнет 47 млн.тн. в год. и по Зармитанскому блоку к 2024 году объем выпуска первого металла увеличится на 122%.

«Модернизация - усовершенствование, улучшение, обновление машин, оборудования, технологических процессов в соответствии с новейшими достижениями науки и техники, требованиями и нормами, техническими условиями. Техническое и технологическое перевооружение производства - комплекс мероприятий, направленных на повышение технико-экономического уровня за счет внедрения современной техники и прогрессивной технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования, улучшения организации и структуры производства, а также других организационных мероприятий без расширения производственных площадей и увеличения количества рабочих мест.

В соответствии с нормативными документами модернизация, техническое и технологическое перевооружение производства осуществляется с разработкой соответствующей проектно-сметной документацией и в обязательном порядке с проведением экспертизы. В связи с этим при формировании инвестиционной программы особое внимание уделено инвестиционным проектам по модернизации, технического и технологического перевооружения. В отличие от инвестиционных программ предыдущих лет предусмотрены самостоятельные инвестиционные проекты по рудоуправлениям. Это даст возможность обеспечить своевременную реализацию и мониторинг инвестиционных проектов с ежемесячным предоставлением информации о состоянии реализации инвестиционных проектов и аналитических материалов в руководство комбината и уполномоченные органы.

Главной задачей инвестиционной программы в части по модернизации, реконструкции, техническому и технологическому перевооружению производства является обеспечение живучести предприятия и стабильности производства. Исходя из задач приняты следующие принципы формирования инвестиционной программы:

- замена морально и физически устаревшего оборудования;
- обеспечение роста производительности труда;
- экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов, повышение ресурсо-энергоэффективности.

В результате комплексного подхода изучения представленных проектов были включены в инвестиционную программу на 2020-2022 гг. 15 ед. наиболее важных инвестиционных проектов по модернизации, технического и технологического перевооружения производства. Из них:

1. Для обеспечения горно-перерабатывающего комплекса запасными частями и поддержания техники в работоспособном состоянии, расширения производства локализованной продукции включен инвестиционный проект «Расширение производственных мощностей ПО "НМЗ"».

На сегодняшний день производственная мощность ПО "НМЗ" не позволяет в полном объеме обеспечить выполнение работ по изготовлению и реставрации крупногабаритных деталей, узлов и механизмов. В связи с этим, увеличивается время простоя в ремонте вышеуказанного оборудования, что приводит к снижению основных производственных показателей.

Реализация проекта «Расширение производственного корпуса ПО "НМЗ"» позволит значительно расширить, как номенклатуру, так и количество изготавливаемых запасных частей для горно-перерабатывающего комплекса за счет приобретаемых современных металлообрабатывающих станков и литейного оборудования.

2. В целях снижения себестоимости известняка и обеспечение гидрометаллургического производства известью, а также создания благоприятного воздушного бассейна в г. Зарафшане включен в инвестиционную программу инвестиционный проект «Строительство дробильно сортировочного завода карьера Бессапанского месторождения известняка ЦРУ НГМК» с общей стоимостью 15,0 млн.долл.США, срок реализации 2020- 2022 гг.

Однако при проведении массовых взрывов звуковое воздействие от детонации взрывных скважин вызывает у населения города отрицательные эмоции и наблюдается превышение концентрации пыли в городе.

Кроме того щебень транспортируется при помощи железнодорожно-го транспорта на 45 км на площадку Бессапан до известковых печей ГМЗ-2 на обжиг для получения извести. Ежегодные затраты на транспортировку щебня ж/д транспортом составляют ≈1,0 млрд. сум.

Для решения возникших проблем к северо-востоку от г. Зарафшана на расстоянии в 40 км разведано Бессапанское месторождение известняков, запасы которого утверждены в ГКЗ протоколом №1208 от 25.08.1987 года. По степени изученности месторождение подготовлено к промышленному освоению. Подсчет по категориям запасов А+В+С1+С2 в контуре карьера Бессапанского месторождения известняков составил 13,5 млн.м³. При годовой производительности 350 тыс.м³, обеспеченность в сырье составит 39 лет.

3. В целях своевременного обновления взамен физически изношенного оборудования рудников Зармитан, Гужумсай и Марджанбулак, а также соблюдение нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов и надежного обеспечения золотосодержащей рудой ГМЗ-4 включен в инвестиционную программу «Техническое и технологическое перевооружение горно-шахтного и горно-транспортного оборудования на рудниках ЮРУ на 2020-2022 гг».

На основании выполненных расчетов в 2020 году при приобретении 25 ед. горно-шахтной техники и вспомогательных оборудований обеспечится добыча горной массы в объеме 823,7 тыс.м³.

4. Целью реализации инвестиционного проекта «Техническое и технологическое перевооружение рудника «Восточный» СРУ на 2020-2022 гг.» включенного в инвестиционную программу является поддержание и частичное увеличение производственной мощности рудника «Восточный» для обеспечения безусловного выполнения Государственного заказа по выпуску драгметалла, путем приобретения дополнительного количества основного технологического, вспомогательного, энергетического и дорожно – строительного оборудования.

По этому инвестиционному проекту технологическое оборудование приобретаемое в 2020 году – 21 наименование, в 2021 году – 31 наименование и в 2022 году – 4 наименования. Общая стоимость проекта – 32,4 млн. долл.США.

В результате реализации проекта обеспечивается поддержание действующей мощности, а также увеличение добычи горной массы на 16%.

5. Целью реализации инвестиционного проекта «Техническое и технологическое перевооружение производств рудника «Даугызтау» СРУ на 2020-2022 гг.» является поддержание и частичное увеличение производственной мощности рудника «Даугызтау» для обеспечения безусловного выполнения Государственного заказа по выпуску драгметалла, а также соблюдения нормативов вскрытых и подготовленных запасов путем приобретения дополнительного количества основного и вспомогательного горнотранспортного, энергетического и дорожно-строительного оборудования.

Согласно проекту прошедшего госэкспертизы технологическое оборудование приобретаемое в 2020 году – 39 наименований, в 2021 году – 24 наименований и в 2022 году 4 наименования.

В результате реализации проекта достигается увеличение добычи горной массы на 13,3%.

В результате своевременной и качественной реализации инвестиционных проектов включенных в инвестиционную программу ГП «Навоийский ГМК» на 2020 год предусмотрены важнейшие факторы увеличения производства драгоценных металлов по сравнению с 2019 годом на 102 процента, путем создания новых производственных мощностей увеличение годового объема переработки на 109 процентов.

Инвестиционной программой на 2020 год по ГП «Навоийский ГМК» предусматривается разработка, согласование и утверждение Правительственными решениями 5 ТЭО проектов для открытия финансирования и освоения капиталовложения в 2021 году. Общая стоимость этих проектов составляет 726,6 млн.долл. США и созданием более 2500 новых рабочих мест. Из них:

1. «Строительство комплекса по добыче и переработке золотосодержащих руд месторождения Пистали».

Предварительная общая стоимость проекта – 248,0 млн.долл.США, сроки реализации 2020 – 2025 гг.

Цель проекта: вовлечение в отработку и переработку золотосодержащих руд месторождения Пистали.

Месторождение Пистали расположено в Нуратинском районе Навоийской области Республики Узбекистан. Ближайшие населенные пункты: г.Джизак- 190 км, г. Нурата – 42 км, г.Навои – 105 км.

По состоянию на 01.01.2019 года ГКЗ РУз. разведанные запасы золотосодержащих руд месторождения Пистали (Пистали+Олтин Диер) составляют 35,93 млн. тонн руды и 57,8 тонн золота.

На сегодняшний день продолжают геологоразведочные работы по изучению флангов для прироста запасов месторождения Пистали. Прогнозный прирост запасов золотосодержащих руд месторождения Пистали ожидается 130 млн. тонн руды и 100 тонн золота с утверждением прогнозных запасов в ГКЗ РУз. в 2021 году.

В связи с выше изложенным, при проектировании горного комплекса, производственную мощность предприятия по добыче золотосодержащих руд месторождения Пистали предусмотреть в два этапа: 1 этап 2,0 млн. т в год, с увеличением запасов во 2 этапе- на 2,0 млн. т в год, всего производительная мощность составляет - 4,0 млн. т в год.

После достижения проектной мощности в ГМЗ-6 выпуск годового объема золота в стоимостном выражении составляет - 226,2 млн.долл.США

2.«Отработка запасов месторождения Чукуркудук»
Предварительная общая стоимость проекта – 166,7 млн.долл.США, сроки реализации 2020 – 2024 гг.

Подсчет запасов золота месторождения Чукуркудук выполнен по 10 рудным залежам, размещенным между разведочными линиями 90-109, на максимальную глубину 500 м от поверхности.

Оконтуривание рудных залежей и подсчет запасов по ним произведено согласно параметрам кондиций утвержденных ГКЗ 2016 г для открытой разработки запасов месторождений Мурунтау и Мютенбай.

В ТЭО проекта производительность карьера 5 (пять) млн. тонн в год и срок отработки месторождения Чукуркудук с учетом пускового периода и затухания составляет более 23,6 лет.

Добытая руда с карьера Чукуркудук для переработки будет доставляться на гидрометаллургические заводы ГМЗ-2. При этом доставка руды до ГМЗ-2 будет осуществляться железнодорожным транспортом.

После достижения проектной мощности в ГМЗ-6 выпуск годового объема золота в стоимостном выражении составляет - 209,7 млн.долл. США.

3. «Строительство добычного карьера на базе месторождений Балпантау и Тамдыбулак».

Предварительная общая стоимость проекта – 98,9 млн.долл.США, сроки реализации 2020 – 2023 гг.

Цель проекта: стабилизация количественно-качественной характеристики отгружаемого на переработку ГМЗ-2 сырья, путем вовлечения в отработку золотосодержащих ресурсов месторождений Балпантау и Тамдыбулак, для обеспечения выпуска требуемого количества драгоценных металлов Навоийским ГМК.

По заключению, ранее выполненного ПТЭО, отработка месторождения Балпантауского рудного поля определена открытым способом с доставкой руды на ГМЗ-2. При разработке ПТЭО принимались во внимание рекомендации «Концептуальных решений» «IntegraGroup» LLC и ОАО «ВНИПИИПромтехнологии» (Россия).

Разработка ТЭО проекта выполняется Центральным проектным бюро ГП «Навоийский ГМК»

Месторождение Балпантау расположено в 8 км к юго-востоку от посёлка Тамды и в 27 км севернее комплекса карьера Мурунтау. Месторождение Тамдыбулак размещается в 3,5 км южнее посёлка Тамды и в 6 км западнее месторождения Балпантау.

Геологические запасы С1+С2: руда – 38851,1 тыс.тн., золото – 56040,1 кг, среднее содержание – 1,44 г/тн. Потери 5,3% – 7,0%. Разубоживание 12,8% – 15,0%.

4. «Расширение добычных и перерабатывающих мощностей для освоения месторождений Турбай и Бозтау».

Предварительная общая стоимость проекта 133,2 млн.долл.США, сроки реализации 2020 – 2023 гг.

Цель проекта: вовлечение в отработку и переработку золотосодержащих руд месторождений Турбай, Бозтау, Телкитау, Дальний, Каскыртау, Дайковий, Барханый, Сардор и Северный для обеспечения ГМЗ-3 золотосодержащей рудой.

Золоторудное месторождение Турбай расположено в центральной части Восточного Букантау на юго-восточных склонах Турбайских гор.

Месторождение относится к золото-кварцевой формации, по морфологическим особенностям - к линейному существенно прожилково-вкрапленному-штокерковому типу.

По простиранию Рудные залежи прослежены от 40 - 60 до 750 - 1170 м, по падению до 250 - 360 м (в контуре проектного карьера -до 170 м).

По сложности геологического строения месторождение обосновано отнесено к 3-й группе, согласно «Инструкции по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям» 2000 г.

Бозтауское рудное поле расположено на территории Учкудукского района Навоийской области. В состав рудного поля входят участки Бозтау и Северный, также Джелсайская золоторудная зона.

– участок Бозтау площадью 6,3 км² представляет собой всхолмленную равнину с абсолютными отметками от 460 до 485 м. Расстояние от участка до посёлка Кокпатас составляет 25 км.

– участок Северный площадью 3,0 км² представляет собой сравнительно сглаженную низкорослую территорию с абсолютными отметками от 178 до 366 м. Расстояние от участка Северный до посёлка Кокпатас составляет 17 км. Обнаженность участка слабая. Площадь перекрыта чехлом четвертичных отложений от 1,0 до 10,0 м.

– Джелсайская золоторудная зона площадью 1,2 км² представляет собой всхолмленную равнину, с абсолютными отметками от 470 м на юге до 500-510 м на севере. Обнаженность участка плохая, практически на 90% площадь перекрыта чехлом четвертичных отложений мощностью от 2,0-2,5 до 10-15 м. Расстояние от Джелсайской золоторудной зоны до посёлка Кокпатас составляет 24 км.

Приуроченность оруденения к тектонической зоне и связанная с этим повышенная трещиноватость пород обусловили большую мощность зоны окисления от 60 до 85 м. Распределение золота в руде неравномерное, содержания в отдельных пробах колеблется от 1,0-1,5 до 34,6 г/т.

Окжетпесское рудное поле расположено на территории Учкудукского и Тамдынского районов Навоийской области. В состав рудного поля входят: золоторудные зоны № 2 и № 9, участки Сардор и Барханний.

–золоторудная зона № 2 расположена юго-западнее в 33 км от посёлка Кокпатас. Золоторудная зона № 2 локализуется в юго-западном крыле Окжетпесской брахиантиклинали, представляющее собой обособленное куполовидное поднятие, выделяющееся на слабовсхолмленной равнине.

– золоторудная зона № 9 (Заркатлам) расположена на южных склонах Букантауского поднятия, в северо-западной части Окжетпесской возвышенности.

Общая протяженность рудоносной зоны около 800 м, при ширине от 50 до 90 м, падение ее практически вертикальное. Внутри зоны выделены два рудных тела. (рудные тела № 1 и № 2).

Участок Сардор расположен на южном окончании Букантауского горного массива в центральной части Окжетпесского рудного поля.

Глубина зоны окисления на участке Сардор достигает глубины 90-100 м от поверхности. По данным рационального анализа золото в окисленных рудах представлено в самородном виде и в сростах с рудными компонентами: хлориды, сульфаты, сульфиды серебра.

– Месторождение Барханное расположено на северо-восточном фланге Окжетпесского рудного поля и приурочено к восточному крылу одноименной антиклинали.

Оруденение относится к золото-сульфидно-кварцевому типу. До 70-75 м от поверхности развиты преимущественно окисленные руды. Золото представлено в основном самородной формой в виде свободных выделений и в сростах с кварцем, карбонатом, гидроксидными и сульфатами железа. Золото тонкодисперсное и мелкое размером от 0,001 до 0,01 мм, часто образующие скопления размером до 0,1 мм.

Золоторудные месторождения Телькитау, Дайковский и Северный Кокпатаасского рудного поля расположены в Центральных Кызылкумах на территории Тамдынского района Навоийской области.

Приурочено оно к южным склонам Букантауского горного массива, центральная часть которого носит название Кокпатас. Месторождение Кокпатас рудного поля приурочено к крыльям пологой Кокпатаасской антиклинали, осложненной многочисленными разрывными нарушениями и зонами смятия.

В настоящее время на Гидрометаллургическом заводе № 3 Северного РУ осуществляется переработка упорных золотосульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау, для чего задействованы все шесть имеющихся мельничных блоков.

В результате реализации этого проекта ожидается увеличение объема выпуска первого металла в денежном выражении составляет после достижения проектной мощности 246,2 млн. долл. США.

5. Строительство литейно-механического производства ЦРУ. Предварительная общая стоимость проекта - 20,0 млн.долл.США, сроки реализации 2020 – 2022 гг.

Основной задачей производства является изготовление мелких и средних деталей отливок для горно-металлургической отрасли с годовым выпуском 12 тыс. тонн.

В ТЭО проекта учитывая выпуск отливок по массе и исходя из характера и масштаба производства, количества оборудования и численности работающих, а также сложности и разнообразия принятых технологических процессов, в составе производства предусмотрено семь отделений:

– плавильное, формовочно-заливочно-выбивное, стержневое, смеси приготовительное, термообрубное, модельное и лаборатория.

ТЭО проекта разрабатывает институт «Современные литейные технологии» (Россия). Сроки завершения разработки ТЭО проекта 1-квартал текущего года.

После достижения проектной мощности в цехе литейно-механического производства ЦРУ выпуск годового объема продукции в денежном выражении составляет - 15,9 млн.долл.США.

В целях внедрения эффективных механизмов мониторинга инвестиционных проектов Национальным агентством проектного управления при Президенте Республики Узбекистан разработана автоматизированная информационная система «Контроль и мониторинг реализации инвестиционных проектов», являющаяся компонентом Единой национальной информационной системы проектного управления, с подключением всех участников, задействованных при реализации инвестиционных проектов, позволяющая в том числе:

- автоматизировать процессы учета, осуществления контроля и мониторинга реализации проектов;
- осуществлять контроль за сроками, бюджетом, целями и показателями проектов;
- формировать достоверные данные по объему привлеченных и освоённых инвестиций, в том числе прямых иностранных;
- выявлять риски по своевременному вводу мощностей при реализации проектов;
- отслеживать достижение целевых показателей, предусмотренных проектной документацией, в постинвестиционный период.

Библиографический список:

1. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по переходу на качественно новую систему формирования и реализации Инвестиционной программы Республики Узбекистан» от 14 мая 2019 года №УП-5717.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан « О Программы дополнительных мер увеличения производства драгоценных металлов до 2026 года » от 01.03.2017 г. №ПП-2806.
3. Постановление Президента Республики Узбекистан «О внедрении нового порядка формирования и финансирования государственных программ развития Республики Узбекистан» от 18 декабря 2017 года № ПП-3437.
4. Постановление Президента Республики Узбекистан «О создании эффективной системы комплексной экспертизы документации в рамках формирования и реализации государственных программ развития Республики Узбекистан, осуществления государственных закупок» от 8 января 2018 года №ПП-3464.
5. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по совершенствованию порядка проведения экспертизы предпроектной, проектной, тендерной документации и контрактов» от 20.02.2018 г. №ПП-3550.
6. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по реализации Инвестиционной программы Республики Узбекистан от 19.12.2019 г. №ПП-4067.
7. Основные этапы разработки инвестиционных программ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_18990_osnovnie-etapi-razrabotki-investitsionnih-proektov.html.
8. Печатнова, А. П. Методы оценки инвестиционных проектов // Молодой ученый. – 2015. – №17. – С. 316-31.
9. Аньшин, В. М. Инвестиционный анализ: учебное пособие / Аньшин В. М.; Академия н / х при. Правительстве РФ.- М.: Дело, 2017. – 280 с.
10. Бланк И. А., Управление инвестициями предприятия - К., Ника –Центр, Эльга, 2003 г.
11. Кэхилл, М. Инвестиционный анализ и оценка бизнеса: Учебное пособие: Пер. с англ. / М. Кэхилл.- М.: ДиС, 2018. - 432 с.
12. Артемова Л.В. Инвестиции и инновации. Словарь – справочник от а до я. М.: Инфра, 1998 г. 436 с.



РАИМЖАНОВ БАХАДИРЖАН РАИМЖАНОВИЧ



Раимжанов Бахадиржан Раимжанович родился 10 марта 1950 года в г. Узген Ошской области Республики Киргизстан в семье рабочего. В 1971 году окончил с отличием горно-металлургический факультет Ташкентского политехнического института по специальности «Технология и комплексная механизация подземной разработки месторождений полезных ископаемых» и был оставлен при кафедре стажером-исследователем.

В период 1972-1975 гг. он учился в целевой аспирантуре в Московском горном институте и в 1976 году успешно защитил кандидатскую диссертацию, после чего продолжил свою научно-педагогическую деятельность в Ташкентском политехническом институте ассистентом, старшим преподавателем и доцентом.

В 1988-1991 гг. Б. Раимжанов учился в очной докторантуре при Московском горном институте и подготовил к защите докторскую диссертацию, а в 1992 году успешно защитил её. В 1994 году ему было присвоено ученое звание профессора.

1991-1994 гг. он работал доцентом кафедры, заместителем декана, деканом горно-металлургического факультета, заместителем проректора горно-геологического центра, профессором и заведующим кафедрой «Технология и комплексная механизация подземной разработки месторождений полезных ископаемых» Ташкентского государственного технического университета. С 1995 года Б. Раимжанов работал директором Навоийского филиала Ташкентского государственного технического университета и в том же году при его активном участии на базе этого филиала был создан Навоийский государственный горный институт, первым ректором которого он являлся в течение 10 лет.

Поддержанная руководством республики и целым рядом крупных предприятий его настойчивость и целеустремленность позволили в кратчайшие сроки приступить к подготовке специалистов горного профиля в стенах самостоятельного вуза. Под непосредственным руководством Б. Раимжанова создана учебно-лабораторная и учебно-методическая база, укреплен кадровый потенциал, заложена основа научного потенциала нового института. Он бывал во многих дальних зарубежных странах мира таких, как США, Англия, Германия, Голландия, Дания, Южная Корея, Израиль, Индия и др., где изучал опыт ведущих университетов в системе высшего образования и участвовал в международных проектах.

С 2006 года по 2019 год он заместитель главного инженера, заместитель директора по науке, а с октября 2019 года работает начальником Научно-исследовательского отдела Государственного унитарного предприятия «УзГЕОРАНГМЕТЛИТИ» Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан.

Б. Раимжанов в 1982-1983 учебном году находился на 10-месячной научной стажировке в Соединенных Штатах Америки. Он в октябре-ноябре 1994 года находясь в научной командировке в Германии участвовал на международной конференции и научных семинарах, где выступал с докладами.

Научные направления деятельности Б. Раимжанова посвящены проблемам подземной разработки угольных месторождений. Многие его научные труды относятся к заблаговременной дегазации угольных пластов с целью создания безопасных условий труда в угольных шахтах. Особое место в научной деятельности Б. Раимжанова занимают проблемы отработки высокогорных месторождений угля в сложных горно-геологических условиях. Разработанные им технологические

схемы успешно применяются на угольных шахтах Центральной Азии. В качестве альтернативы традиционному способу подземной угледобычи Б. Раимжановым предложены нетрадиционные технологические схемы на основе подземной газификации и подземного сжигания угля, которые обеспечивают вовлечение в сферу промышленного производства дополнительных топливно-энергетических ресурсов.

Под руководством Б. Раимжанова в рамках государственных научно-технических программ, которые были включены в приоритетные направления социально-экономического развития Республики Узбекистан, велись научно-исследовательские работы посвященные разработке и внедрению высокочрезвычайно эффективных геотехнологических и биотехнологических способов добычи и переработки руд благородных, цветных и редких металлов, а также по совершенствованию методов разрушения горных пород взрывом. В настоящее время под его руководством ведутся научно-исследовательские работы, которые включены в приоритетные направления социально-экономического развития Республики Узбекистан и посвящены комплексному освоению месторождений полезных ископаемых Центральных Кызылкумов.

Он является автором более 250 научных трудов, в том числе, шесть монографий, шести учебников и учебных пособий, более десяти изобретений и патентов. Под его научным руководством защищены четыре докторские, две кандидатские диссертации и готовятся несколько диссертаций к защите.

Профессор Раимжанов Б. как признанный ученый участвует в формировании научно-технической политики в области горного дела, является заместителем председателя Научного совета по защите диссертаций по горным специальностям, членом редколлегии Республиканского журнала «Горный вестник Узбекистана», журнала «Горные науки и технологии» (Москва, Россия), журнала «Вестник НАГН» (Астана, Казахстан). В 2005 году Б. Раимжанов избран иностранным членом Академии Горных Наук Российской Федерации, а в 2018 году академиком и вице-президентом Евразийской Академии Горных Наук.

Б. Раимжанов награжден нагрудным знаком «Ўзбекистон Республикаси Олий таълим аълочилиси» и почетными грамотами Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан. Он также награжден нагрудным знаком «Горняцкая слава» I, II, III степеней.

Поздравляя с 70-летием Бахадиржана Раимжанова друзья, коллеги и ученики поздравляют его с юбилеем и желают крепкого здоровья, жизненной энергии, творческих успехов и новых научных достижений

**ГП Навоийский горно-металлургический комбинат,
АО Алмалыкский горно-металлургический комбинат,
Госкомгеология Республики Узбекистан,
Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова,
Навоийский государственный горный институт,
НИТУ «МИСиС» (Россия),
ГУП «УзГЕОРАНГМЕТЛИТИ»,
АО «Узбекуголь»,
Редакционный Совет журнала «Горный вестник Узбекистана».**



ПЕСОК ФОРМОВОЧНЫЙ, КВАРЦЕВЫЙ ПЕСОК, ПЕСОК ФОРМОВОЧНЫЙ НЕ ГРОХОЧЕННЫЙ (СЫРЕЦ), БУТОВЫЙ КАМЕНЬ, ВЫСЕВКА, ИЗВЕСТЬ НЕГАШЕНАЯ (70% АКТИВНОСТЬЮ CaO+MgO), ЩЕБЕНЬ

Лабораторными и полупромышленными испытаниями установлена пригодность кварцевых песков в качестве: формовочного материала при производстве мелкого и среднего стального и чугунного литья; сырья для изделий тонкой строительной керамики и высоковольтного электро-технического фарфора; сырья для производства оконного и бутылочного стекла; заправочного материала для электропечей.



НГМК

Центральное рудоуправление
тел: (0 436) 577 03 36
e-mail: u.uktamov@cru.ngmk.uz



SmartROC D60

Интеллект, прочность и надежность—
Пневмоударный станок SmartROC D60 от Epiroc
представляет собой интеллектуальное буровое
решение. В его основе лежит проверенная и отлично
зарекомендовавшая себя платформа

 **Epiroc**