

0'zbekiston KONCHILIK XAVARNOMASI № 3 (98) Iyul - Sentabr 2024

ISSN 2181-7383

0'zbekiston

# KONCHILIK XAVARNOMASI

# 3

№ 98

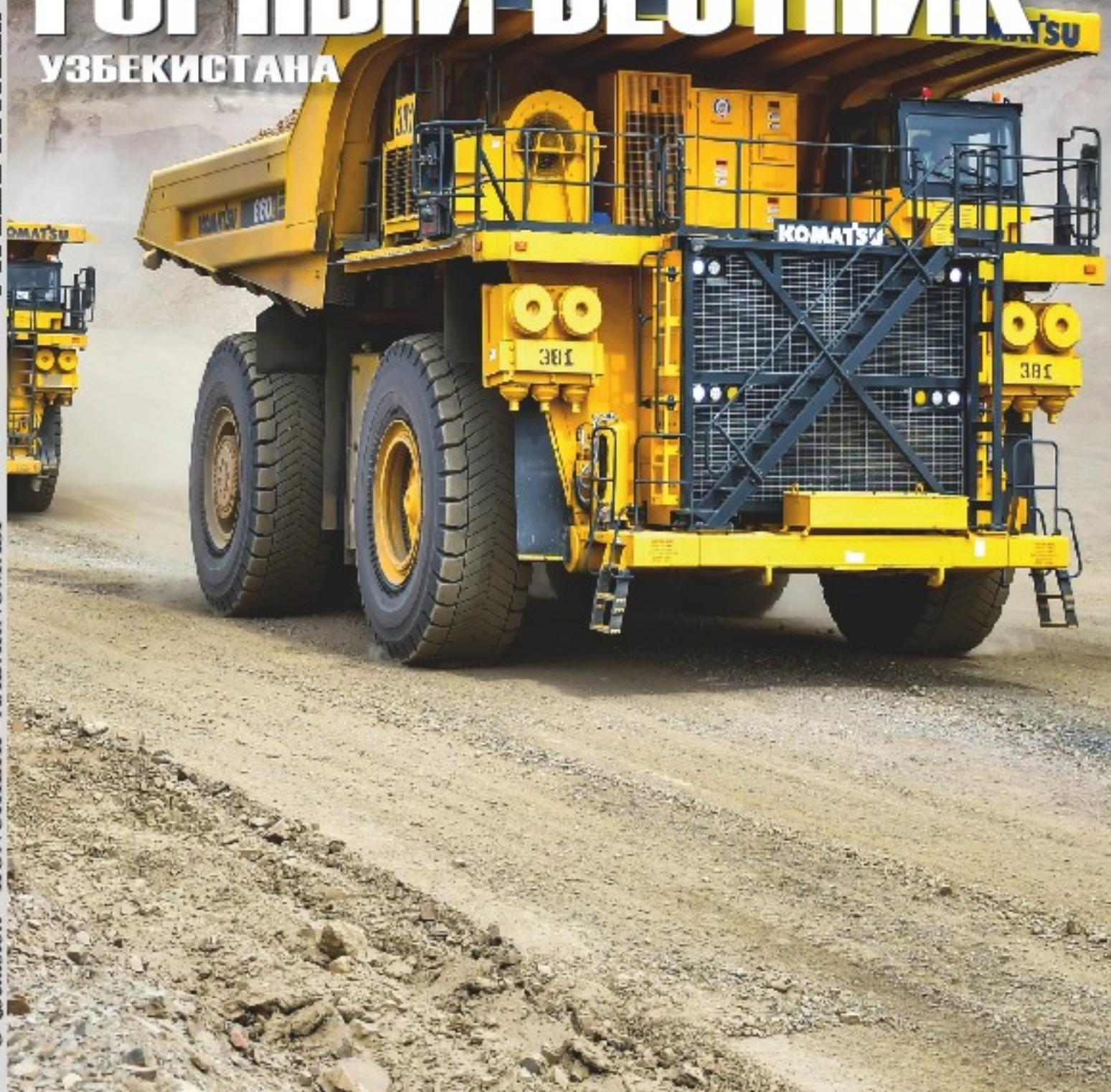
ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQARISH JURNALI

Iyul - Sentabr 2024

НА УЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# ГОРНЫЙ ВЕСТНИК

УЗБЕКИСТАНА



0'zbekiston KONCHILIK XAVARNOMASI

# normet

## ЭКСПЕРТЫ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ  
В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

**Multimec MF 100**

Система быстръемных кассет – идеальное решение в подземных горных работах требующих быструю замену функциональности самоходной машины для разных задач (мобильная мастерская, генератор, бетоно-насос и т.д.)



### **C100 КАССЕТА-МАСТЕРСКАЯ**

- > Кассета может использоваться автономно, Если шасси (Multimec) используется в других работах
- > Опционально может оборудоваться дизель-генератором

**Кассета-мастерская  
включает в себя:**

- > Сварочный аппарат
- > Рабочая зона со столешницей
- > Заточной, обжимной станок для РВД
- > Компрессор, генератор, моечная машина
- > Стандартный набор инструментов и т.д.



**СООБЩИТЕ НАМ СВОИ  
ПОТРЕБНОСТИ!**

**Normet International Ltd.**

Представительство в Республике Узбекистан,  
г. Ташкент, 100084, проспект А. Темура, 95 А.  
Тел.: +998 78 140 91 91  
Факс: +998 78 140 92 92

# O'zbekiston KONCHILIK XABARNOMASI

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRARISH JURNALI

Ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali, 1997 yil iyul oyidan chiqra boshlagan. Bir yilda to'rt marta nashr etiladi.

#### Ta'isichilar:

«Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, O'zbekiston geotexnologiya va rangli metallurgiya ilmiy-tadqiqot va qidiruv-loyihalashtirish instituti «O'zGEORANGMETLIT» MCHJ

#### Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:

«Navoiy KMK» AJ

#### Bosh muharrir:

U.Z. Sharafutdinov

#### Bosh muharrir o'rinbosari:

Sh.Sh. Alikulov

#### Texnik va badiiy muharrir:

F.Yu. Zairova

**Bo'limlar bo'yicha tahrir hay'ati tarkibi:** *geotexnologiya* – Rakishev B.R. (Qozog'iston), Shashenko A.N. (Ukraina), Zairov Sh.Sh. (O'zbekiston), Misliboev I.T. (O'zbekiston), Nosirov U.F. (O'zbekiston), Raimjanov B.R. (O'zbekiston), Umarov F.Ya. (O'zbekiston); *geologiya* – Snitka N.P. (O'zbekiston), Turesebekov A.X. (O'zbekiston); *boyitish va metallurgiya* – Dementiev V.E. (Rossiya), Abdurahmonov S.A. (O'zbekiston), Sanaqulov K. (O'zbekiston), Samadov A.U. (O'zbekiston), Xasanov A.S. (O'zbekiston), Ergashev U.A. (O'zbekiston), Yoqubov M.M. (O'zbekiston); *ilmiy va laboratoriya tadqiqotlari* – Mishina O.V. (Germaniya), Mustaqimov O.M. (O'zbekiston), Muxiddinov B.F. (O'zbekiston), Nurmurodov T.I. (O'zbekiston), Sagdiyeva M.G. (O'zbekiston), Xamidov X.I. (O'zbekiston); *elektroenergetika sanoati* – Tabakman I.B. (Kanada), Mahmudov A.M. (O'zbekiston); *ekologiya* – Vorobyov A.G. (Rossiya), Gulyamov B.V. (O'zbekiston), Raziqov Z.A. (Tojikiston), Raxmatov A.B. (O'zbekiston); *iqTisod* – Vorobyov A.E. (Rossiya), Djulibekov N.K. (O'zbekiston)

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

Jurnaldan ko'chirib bosilganda manba qayd etilishi shart

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

#### Tahririyat manzili:

210100, Navoiy shahri, Navoiy ko'chasi, 27 uy  
«NKMK» AJ Innovatsion rivojlanish departamenti JaTYEBIM  
Tel.: +99879 227-81-59

E-mail: FY.Zairova@ngmk.uz, U.Sharafutdinov@ngmk.uz

Web-sayt: <http://www.gorniyvestnik.uz>

#### Muqova, dizayn, terish bo'yicha mas'ul:

F.Yu. Zairova

#### Jurnalning chop etilishi va elektron shaklini yangilab boruvchi mas'ul:

U.Z. Sharafutdinov

#### Chop qilindi:

«SAHHOF» bosmaxonasi  
100129, Toshkent shahri, Navoiy ko'chasi, 30 uy  
Tel.: +99899 111-94-62

Nashr etishga 04.09.2024 y. imzolandi  
A3 formatda. Adadi 100 nusxa

© O'zbekiston konchilik xabarnomasi 2024

Научно-технический и производственный журнал, издаётся с июля 1997 года, выходит четыре раза в год.

#### Учредители:

АО «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навоийский государственный горно-технологический университет, Узбекский научно-исследовательский и проектно-исследовательский институт геотехнологии и цветной металлургии ООО «O'zGEORANGMETLIT»

#### При финансовой поддержке:

АО «Навоийский ГМК»

#### Главный редактор:

Шарафутдинов У.З.

#### Зам. главного редактора:

Аликулов Ш.Ш.

#### Технический и художественный редактор:

Заирова Ф.Ю.

**Состав редколлегии по разделам:** *геотехнология* – Ракишев Б.Р. (Казахстан), Шашенко А.Н. (Украина), Заиров Ш.Ш. (Узбекистан), Мислибоев И.Т. (Узбекистан), Носиров У.Ф. (Узбекистан), Раимжанов Б.Р. (Узбекистан), Умаров Ф.Я. (Узбекистан); *геология* – Снитка Н.П. (Узбекистан), Турсебеков А.Х. (Узбекистан); *обогащение и металлургия* – Дементьев В.Е. (Россия), Абдурахмонов С.А. (Узбекистан), Санакулов К. (Узбекистан), Самадов А.У. (Узбекистан), Хасанов А.С. (Узбекистан), Эргашев У.А. (Узбекистан), Якубов М.М. (Узбекистан); *научно-лабораторные изыскания* – Мишина О.В. (Германия), Мустакимов О.М. (Узбекистан), Мухиддинов Б.Ф. (Узбекистан), Нурмуродов Т.И. (Узбекистан), Сагдиева М.Г. (Узбекистан), Хамидов Х.И. (Узбекистан); *электроэнергетика* – Табакман И.Б. (Канада), Махмудов А.М. (Узбекистан); *экология* – Воробьев А.Г. (Россия), Гулямов Б.В. (Узбекистан), Разыков З.А. (Таджикистан), Рахматов А.Б. (Узбекистан); *экономика* – Воробьев А.Е. (Россия), Джулибеков Н.К. (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  
ИЦВНТ Департамента инновационного развития АО «НГМК»  
Тел.: +99879 227-81-59

E-mail: FY.Zairova@ngmk.uz, U.Sharafutdinov@ngmk.uz

Веб-сайт: <http://www.gorniyvestnik.uz>

#### Обложка, дизайн, компьютерная вёрстка:

Заирова Ф.Ю.

#### Ответственный за публикацию и обновление электронной формы журнала:

Шарафутдинов У.З.

#### Отпечатано:

Издательство «SAHHOF»  
100129, г. Ташкент, ул. Навои, 30  
Тел.: +99899 111-94-62

Подписано в печать 04.09.2024 г.

Формат А3. Тираж 100 экз.  
© Горный вестник Узбекистана 2024

ISSN 2181-7383



4 780010 201760 >

# MUNDARIJA / ОГЛАВЛЕНИЕ

## KONCHILIK ISHLARI / ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Нуржанов К.Е., Полиновский К.Д., Дуйсебаев Б.О., Курбанов М.А. Технология безотходной переработки низкосортного плавикошлатового концентрата.....	4
Насиров У.Ф., Заиров Ш.Ш., Номдоров Р.У., Ишанходжаев З.К. Повышение устойчивости нерабочих бортов карьеров: анализ и рекомендации.....	10
Почоев А.А., Азизов Р.О., Разыков З.А. О показателях давления насыщенных паров нефти и нефтепродуктов северного Таджикистана.....	14
Умаров Ф.Я., Заирова Ф.Ю., Эргашев Н.Х. Анализ исследований влияния забойки на эффективность разрушения горных пород взрывом.....	18

## BOYITISH VA METALLURGIYA / БОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Rahmanov I.Yu., Abduraxmanov S.A., Axmedov M.Sh. Bobotog' misli qumtosh ma'danlarini flotatsion usulda boyuvchanligini tadqiq qilish.....	22
Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Юлдашев Ш.Ш., Аликулов Ш.Ш. Миграционная способность урана.....	28
Чулиев Ф.Г., Хамидов Р.А., Повторное вовлечение в обород вод хвостохранилищ перерабатывающего предприятия.....	32

## ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Санакулов К., Куролов А.А. Повышение эффективности переработки упорных золотосодержащих концентратов в печи обжига ГМЗ-3.....	37
Махмудов Л.Н., Шеров К.Т., Мардонов Б.Т., Толганай Ж. Экспериментальное исследование процесса термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением стали 110Г13Л.....	43
Хуррамов Н.И., Рахматова З., Нурмуродов Т.И. Анализ результатов редкоземельных элементов (рзэ) в составе экстракционной фосфорной кислоты (эфк) полученного из фосфоритов месторождений Азнек.....	47
Ishmatov M.R., Tursinboyeva Z.U., Karabekyan S.X. Kvazistatik kuchlanish-deformatsiya holatini topishda chekli elementlar usulini qo'llash.....	51
Allayorov N.B., Varoyev N.M., Aliyev T.B. Polimerlar asosida bentonitni suspenziyalarni olish va ularning fizik kimyoviy xususiyatlari.....	54
Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т. Характеристика физико-химических свойств технического углерода из пиролиза отработанных автомобильных шин.....	58

## TEKNOLOGIYA MASINOSTROENIYA / MASHINASOZLIK TEXNOLOGIYASI

Яхшиев Ш.Н., Эгамбердиев И.П., Мамадияров А.Ж. Моделирование и анализ контактных напряжений зубчатых колес металлорежущих станков.....	61
Mamadiyov M.Yu., Djuraeva D.M., Irnaeva L.S., Egamberdiyev I.P. Frezalash dastgohlarida yuqori tezlik bilan ishlov berishning nazariy tadqiqot natijalari.....	66

## AVTOMATLASH TIRISH VA ELEKTROENERGETIKA / АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Yusupov Z.E., Narzullayev B.Sh. Elektr qurilmalarining umumiy tavsiflari va ularning ishonchligiga ta'sir etuvchi omillar tahlili.....	70
Karshibaev A.I., Ataulayev N.O., Hamidov A.A., Rasulova B.I. Широтно-импульсные способы формирования кривой и регулирования величины выходного напряжения.....	75
Ishnazarov O.X., Mardonov D.Sh. Tegirmon uskunalarini parametrlarining yanchish samadorligiga ta'siri.....	79
Narzullayev B.Sh., Boboqulov J.S. Elektr motorlarning yuklanish koeffitsientini kamaytirish asosida ularning ishlash davrini hamda ishonchligini oshirish.....	84
Салиев Х.А. Искусственный интеллект как фактор роста производства.....	89

## MEHNAT MUHOFAZASI, SANOAT XAVFSIZLIGI VA EKOLOGIYA (ESG) / ОХРАНА ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ (ESG)

Санакулов К., Бакоев Х.Ю., Пулатов В.Б. Современное состояние и перспективы развития системы автоматического контроля процессов очистки выбросов на объектах АО «НГМК».....	93
Xurramov M.G., Nazirov Z.Sh. Hisor tog' tizmalari chashma suvlar tarkibidagi radiokimyoviy xavfni baholash tadqiqoti.....	96

## MA'LUMOT / ИНФОРМАЦИЯ

Djulibekov N.K. Ilm-fanga asoslangan innovatsiya Navoiy konmetallurgiya kombinatiga ulkan muvaffaqiyat keltirmoqda.....	99
Raupov X.R. XX asr birinchi yarmida O'zbekistonida geologiya qidiruv sohasidagi ilmiy izlanishlar tarixidan.....	104

## REKLAMA / РЕКЛАМА

На обложке: Normet, KRMG, Epirog.

Scientific, technical and industrial journal

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

**Founders:** Joint-stock company «Navoi Mining and Metallurgical Combine», Navoi State Mining and Technology University, Uzbek Research and Design Institute of Geotechnology and Non-Ferrous Metallurgy LLC «UzGEORANGMETLIT».

Chief Editor: **Sharafutdinov U.Z.**  
Deputy Chief Editor: **Alikulov Sh.Sh.**  
Technical and art editor: **Zairova F.Yu.**

**Editorial Board:** Vorobiev A.G. (Publishing house "Ore and Metals", Russia), Vorobiev A.E. (Grozny State Oil Technical University, Russia), 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), Abdurahmonov S.A. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), Gulyamov B.V. (State Committee for Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan), Dzhulibekov N.K. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Zairov Sh.Sh. (Almalyk branch the National University of Science and Technology "MISIS", Uzbekistan), Nurmurodov T.I. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Muhiddinov B.F. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Misliboev I.T. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Makhmudov A.M. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Mustakimov O.M. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Nosirov U.F. (Almalyk branch the National University of Science and Technology "MISIS", Uzbekistan), Raimzhanov B.R. (State Unitary Enterprise "Uzbek Scientific Research and Design and Survey Institute of Geology and Nonferrous Metallurgy "Uzgeorgantmetili", Uzbekistan), Rakhmatov A.B. (Republican specialized scientific and practical medical center for dermenovenerology and cosmetology, Uzbekistan), Sagdieva M.G. (State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Uzbekistan), Sanakulov K.S. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Samadov A.U. (Almalyk branch of Tashkent State Technical University, Uzbekistan), Khasanov A.S. (JSC "Almalyk Mining and Metallurgical Plant", Uzbekistan), Snitka N.P. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Turesebekov A.Kh. (Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Uzbekistan), Umarov F.Ya. (Almalyk branch the National University of Science and Technology (MISIS), Hamidov X.I. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Ergashev U.A. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, 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 for the Introduction of New Technologies of the Department of Innovative Development of JSC «NMMC»

**Tel.:** +99879 227-81-59

**E-mail:** FY.Zairova@ngmk.uz, U.Sharafutdinov@ngmk.uz

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

**Indexing:** Ulrich's Periodicals Directory

**Printed:** Publishing house «SAHHOF» 100129, Tashkent, st. Navoi, 30

**Tel.:** +99899 111-94-62

## CONTENTS

### MINING WORK

- Nurzhanov K.E., Polinovsky K.D., Duisebayev B.O., Kurbanov M.A.** Technology for waste-free processing of low-grade fluor spar concentrate. 4
- Nasirov U.F., Zairov Sh.Sh., Nomdorov R.U., Ishankhodzhaev Z.K.** Increasing the sustainability of non-working quarry sides: analysis and recommendations..... 10
- Umarov F.Ya., Zairova F.Yu., Ergashev N.Kh.** Analysis of studies on the influence of charring on effectiveness of rock destruction by explosion. .... 18

### SCIENTIFIC AND LABORATORY RESEARCH

- Sanakulov K., Kurolov A.A.** Increasing the efficiency of robust processing gold concentrates in the rinking furnace Hydrometallurgical Plant No. 3..... 37

### HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENTAL (ESG)

- Sanakulov K., Bakoev Kh.Yu., Pulatov V.B.** Current status and development prospects automatic process control systems emission treatment at «NMMC» JSC facilities..... 93

## ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗОТХОДНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНОГО ПЛАВИКОВОШПАТОВОГО КОНЦЕНТРАТА



**Нуржанов К.Е.,**  
генеральный директор  
АО «СП «Заречное»



**Полиновский К.Д.,**  
специалист  
аффинажного производства  
АО «МЗСС», к.т.н.



**Дуйсебаев Б.О.,**  
генеральный директор  
ТОО «Конструкторское бюро  
химического машиностроения», д.т.н.



**Курбанов М.А.,**  
заместитель начальника  
ЦНИЛ АО «НГМК», д.т.н.

Мақоллада reagentlar tannarxini pasaytirish va ishlab chiqarish chiqindilari va ular bilan bog'liq xomashyoning qimmatli komponentlarini utilitatsiya qilish maqsadida past navli flyuoriti konsentratini chiqindisiz qayta ishlash istiqbollari ko'rsatilgan. Flyuorit konsentratlari ikkita asosiy turga bo'linadi: nisbatan arzon metallurgiya, qo'lda va gravitatsion ajratish usullari bilan olinadi va metallurgiyada oqim sifatida ishlatiladi va flotatsion boyitishning ancha qimmat usuli bilan olingan va ftor vodorod ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan qimmat kislotaga va uning suvli eritmasi (gidroflorik kislotaga). Gidroflorik kislotaga ishlab chiqarishning standart jarayoni flyuorit konsentratini konsentrlangan sulfat kislotaga bilan yuqori haroratda qayta ishlashni o'z ichiga oladi va xom ashyo sifatiga yuqori talablar qo'yadi va ishlab chiqarish chiqindilari – florangidrit – juda oz miqdorda ishlatiladi. Sulfat kislotaga o'rninga ammoniy sulfatdan reaktiv sifatida foydalanish taklif etiladi, asosiy mahsulot sifatida ammoniy ftorid-biflorid eritmasi olinadi, florangidritni ammoniy sulfat eritmasi bilan yuviladi, so'ngra tijorat gipsining eritmasidan cho'kadi; va ona suyuqligi va erimaydigan qoldiq ishlab chiqarish tsikliga qaytariladi, bu esa bog'langan nodir metallarni konsentratsiyalash va ulardan foydalanish imkonini beradi.

**Tayanch iboralar:** chiqindisiz qayta ishlash, past navli flor shpati konsentratini, sinterlash, ammoniy sulfat, kremniy tetraflorid, ammoniy ftorid-biflorid, «oq kuyikish», florangidritni yuvish, xom ashyo komponentlarini qayta ishlash, bog'liq qimmatli komponentlarning konsentratsiyasi.

В работе представлены перспективы безотходной переработки низкосортного плавиковошпатового концентрата с целью снижения затрат на реактивы и утилизацию отходов производства и попутных ценных компонентов сырья. Плавиковошпатовые концентраты делятся на два основных сорта: сравнительно недорогой металлургический, получаемый способами ручной и гравитационной сепарации и используемый в металлургии в качестве флюса, и дорогой кислотный, получаемый гораздо более затратным способом флотационного обогащения и предназначенный для производства фтористого водорода и его водного раствора (плавиковой кислоты). Стандартный процесс производства плавиковой кислоты предусматривает высокотемпературную обработку флюоритового концентрата концентрированной серной кислотой и предъявляет высокие требования к качеству сырья, причём отход производства – фторангидрит – утилизируется в весьма незначительной степени. Предлагается вместо серной кислоты использовать в качестве реагента сульфат аммония, получая в качестве основного продукта плав фторида-бифторида аммония, фторангидрит подвергать выщелачиванию раствором сульфата аммония с последующим осаждением из раствора товарного гипса, причём маточный раствор и нерастворимый остаток возвращаются в производственный цикл, что позволяет проводить концентрирование и утилизацию попутных редких металлов.

**Ключевые слова:** безотходная переработка, низкосортный плавиковошпатовый концентрат, спекание, сульфат аммония, тетрафторид кремния, фторид-бифторид аммония, «белая сажа», выщелачивание фторангидрита, утилизация компонентов сырья, концентрирование попутных ценных компонентов.

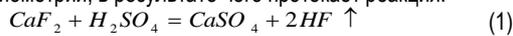
Флюорит (плавиковый шпат,  $\text{CaF}_2$ ) широко применяется в производстве безводного фтористого водорода HF и его водного раствора (плавиковой кислоты), фтористых солей, стекла, алюминия, силикатных эмалей, а также в качестве флюса в металлургическом производстве. Мировая торговля флюоритом оперирует в основном двумя его сортами: металлургическим (Metallurgical Grade Fluorspar, metspar, ГОСТ 29220-91 «Концентраты плавиковошпатовые металлургические», содержание  $\text{CaF}_2$  менее 95%) и кислотным (Acid Grade Fluorspar, acidspar, ГОСТ 29219-91 «Концентраты плавиковошпатовые кислотные и керамические», содержание  $\text{CaF}_2$  более 90%) [1]. На стоимость плавиковошпатовых концентратов весьма существенно влияет способ их обогащения. Металлургические концентраты, получаемые способами ручной и гравитационной сепарации, существенно дешевле, чем кислотные и керамические концентраты, получаемые гораздо более затратным способом флотационного обогащения. При этом, большинство богатых месторож-

дений флюорита в настоящее время уже исчерпаны, что весьма затрудняет производство флюоритовых концентратов высоких марок.

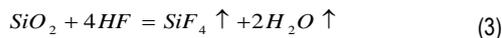
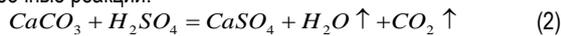
Основным потребителем флюорита сорта metspar является чёрная металлургия, потребляющая концентраты с содержанием  $\text{CaF}_2$  не менее 65%. На втором месте потребления плавикового шпата – синтез искусственного криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  и фтористого алюминия  $\text{AlF}_3$ , используемых в процессе электролитического получения металлического алюминия. Для их производства необходим концентрат, содержащий не менее 85%  $\text{CaF}_2$ , менее 2,0% диоксида кремния (кремнезёма,  $\text{SiO}_2$ ) и менее 1,5% карбоната кальция (кальцита,  $\text{CaCO}_3$ ). Третье по значимости направление использования флюорита – в химической промышленности для производства безводного фтористого водорода и плавиковой кислоты, используемых для получения более сложных химических соединений на основе фтора. Для производства плавиковой кислоты используется

acidspag с содержанием  $CaF_2$  свыше 92%, а для получения безводного фтористого водорода – высшие сорта с содержанием  $CaF_2$  свыше 97% [2].

Общепринятая схема производства фтористого водорода и плавиковой кислоты заключается в том, что плавиковошпатовый концентрат при температуре 220...280°C обрабатывается концентрированной (90÷92%) серной кислотой, взятой в количестве 105...115% от стехиометрии, в результате чего протекает реакция:

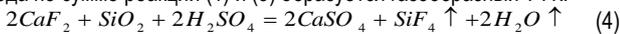


Ограничение на содержание кремнезёма и кальцита в концентрате, предназначенном для производства фтористого водорода и плавиковой кислоты, объясняется тем, что в их присутствии протекают побочные реакции:



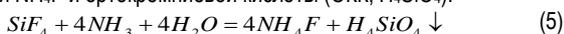
Наличие примеси кальцита приводит к непроизводительному расходу кислоты и несколько ухудшает экологию за счёт выделения углекислого газа  $CO_2$ , но на качество конечного продукта не влияет. Его содержание в флюоритовых концентратах жёстко лимитируется прежде всего из-за того, что при высоком содержании кальцита наблюдается бурное вскипание шихты. Кремнезём гораздо вреднее: в его присутствии часть фтористого водорода связывается в газообразный тетрафторид кремния (ТФК,  $SiF_4$ ), что не только приводит к потерям фтора, но и требует очистки фтористого водорода по достаточно сложной и дорогостоящей технологии.

Еще в середине XX века был разработан способ производства высококачественного фторида-бифторида аммония (ФБФА) из низкосортного флюоритового концентрата, известный как «процесс Оппау» [3]. Он заключается в том, что концентрированной серной кислотой по стандартной схеме обрабатывается низкосортный (40÷50%  $CaF_2$ ) metspag, в результате чего вместо фтористого водорода по сумме реакций (1) и (3) образуется газообразный ТФК:



Немаловажно, что в присутствии кремнезёма сернокислотное разложение флюорита существенно ускоряется – по данным [2], при добавлении  $\alpha$ -кварца в количестве, рассчитанном по уравнению (4), за 2 ч взаимодействия при температуре 120°C степень извлечения фтора повышается с 85% до 100% (рис. 1). При этом степень извлечения фтора при разложении ФК-92 также оказалась на 2,5% выше, чем при разложении чистого минерала, что, очевидно, обусловлено присутствием в данном концентрате 2,45%  $SiO_2$ .

ТФК из газообразных продуктов спекания (фторгазов) абсорбируется водным раствором аммиака  $NH_3$  с образованием фторида аммония  $NH_4F$  и ортокремниевой кислоты (ОКК,  $H_4SiO_4$ ):



Осадок ОКК после промывки и обезвоживания превращается в высокодисперсный кремнезём – т.н. «белую сажу», которая является ценным товарным продуктом (в частности, она используется в качестве наполнителя в производстве резины и пластмасс, в качестве загустителей масла для приготовления консистентных смазок, в качестве наполнителя в парфюмерии и в производстве пигментов на основе силикатов [2]). Раствор фторида аммония подвергается очистке и упариванию, в результате чего частично разлагается на аммиак (который возвращается на стадию абсорбции ТФК) и бифторид аммония  $NH_4HF_2$ :



Продукт упаривания кристаллизуется из концентрированного раствора в форме высококичидного товарного продукта – ФБФА, содержащего  $NH_4F$  и  $NH_4HF_2$  в массовом соотношении примерно 1 : (2,5÷3,1) [4].

Недостатком данного способа является высокий расход аммиака (именно поэтому процесс был «привязан» к г. Оппау, где в своё время впервые в мире был налажен промышленный синтез аммиа-

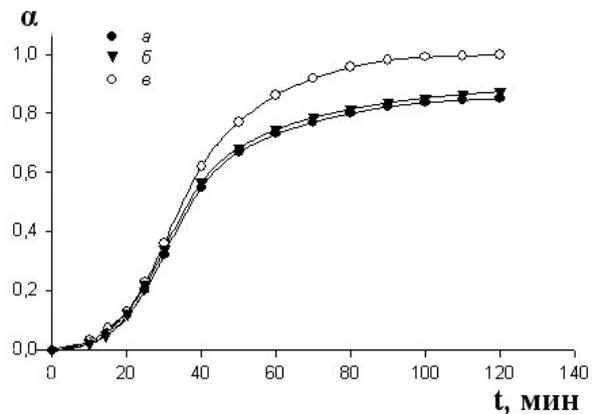
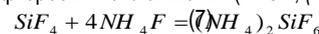


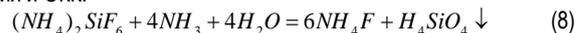
Рис. 1. Зависимость степени извлечения фтора  $\alpha$  от времени  $t$  (мин) при сернокислотном разложении флюорита при температуре 120 °C (по данным [2]): а – минерал флюорит; б – флюоритовый концентрат ФК-92; в – минерал флюорит (или ФК-92) в присутствии  $\alpha$ -кварца

ка по способу Габера-Боша), а также игнорирование вопроса утилизации отхода производства – фторангидрита. Хотя его основной компонент – ангидрит (безводный сульфат кальция  $CaSO_4$ ) – может являться сырьём для производства гипсовых вяжущих веществ, утилизацию фторангидрита сильно затрудняет наличие в нём существенного количества примесей – остатков непрореагировавших флюорита, серной кислоты и кремнезёма.

Несколько позже был разработан усовершенствованный вариант «процесса Оппау», который предусматривал раздельное проведение процессов абсорбции ТФК и осаждения ОКК [5]. В этом случае абсорбцию ТФК проводят 8÷9% раствором  $NH_4F$  с образованием раствора гексафторосиликата аммония (ГФСА,  $(NH_4)_2SiF_6$ ):



Полученный 18÷20% раствор ГФСА аммония обрабатывают аммиаком либо его водным раствором с образованием фторида аммония и ОКК:



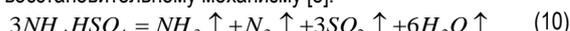
После отделения ОКК треть полученного раствора  $NH_4F$  возвращают на абсорбцию ТФК по уравнению (7), а остальные две трети направляют на упаривание с получением ФБФА по уравнению (6). Данный вариант более совершенен с точки зрения аппаратного оформления (абсорбция фторгазов и осаждение «белой сажки» проводятся в разных аппаратах, что улучшает кинетику процесса), но не лишён главных недостатков «процесса Оппау».

В 2016 г. был разработан способ производства высокочистого товарного гипса (дигидрата сульфата кальция  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) из любых отходов производства, содержащих сульфат кальция, в т.ч. фторангидрита [6]. Он заключается в том, что исходное сырьё обрабатывают горячим (80...150°C) концентрированным (25÷50%) раствором сульфата аммония  $(NH_4)_2SO_4$ , в результате чего сульфат кальция переходит в раствор в форме двойного сульфата  $(NH_4)_2Ca(SO_4)_2$ , примеси отделяют путём декантации, фильтрации либо центрифугирования, после чего раствор охлаждают, что приводит к осаждению кальция в форме *коккаита*  $(NH_4)_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$ , который затем гидролизуют холодной водой на высокочистый гипс и раствор сульфата аммония, который после упаривания возвращают в голову процесса:



В 2020 г. была разработана технология разделения фторидов кальция и редкоземельных элементов (РЗЭ) путём спекания их с сульфатом аммония, что позволяло перевести металлы из фторидной формы в сульфатную [7]. Авторами было установлено, что

нагревание смеси фторидов кальция и редкоземельных элементов (РЗЭ) с избытком сульфата аммония до 350...400°C приводит к конверсии фторидов в сульфаты, причём на первой стадии нагрева (в интервале температур 234...251°C) сульфат аммония разлагается на аммиак и бисульфат (гидросульфат) аммония  $NH_4HSO_4$ , который при 251°C плавится, за счёт чего резко возрастает площадь поверхности контакта, вследствие чего при дальнейшем нагреве в интервале температур 340...385°C он начинает активно взаимодействовать с фторидами кальция и РЗЭ. При температуре 400°C наблюдается практически полное обесфторивание шихты, а при 500...540°C остатки бисульфата аммония разлагаются по окислительно-восстановительному механизму [8]:

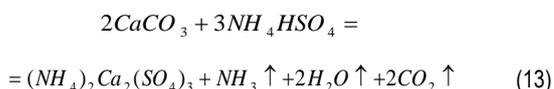
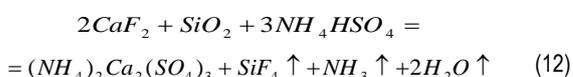


Назначением данной технологии является конверсия фторидов в сульфаты с целью последующего разделения путём водного выщелачивания водорастворимых сульфатов РЗЭ (являющихся целевым продуктом) и малорастворимого гипса (являющегося отходом производства). Поэтому вопросы утилизации фторгазов и сульфата кальция авторами подробно не рассматривались.

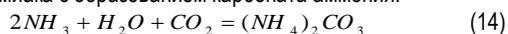
Важным достоинством указанной технологии является то, что в качестве сульфатизирующего агента используется сульфат аммония, который является побочным продуктом производства целого ряда отраслей химической технологии (коксохимического производства, акрилатного производства, производства капролактама), причём обладает пониженной ликвидностью, т.к. его использование в качестве азотного удобрения ограничено тем, что он вызывает закисление почвы. Поэтому стоимость массовой доли аммиака в сульфате аммония в пересчете на сухое вещество в 4 раза меньше, чем у раствора аммиака и карбоната аммония. При этом, поскольку в данном процессе одним из газообразных продуктов является аммиак, наличие в сырье примеси кремнезёма не критично, поскольку образующийся в процессе спекания ТФК на стадии абсорбции разлагается по уравнению (5), что обеспечивает чистоту по кремнию фторсодержащих продуктов процесса.

Основываясь на вышеизложенной информации, авторами данной работы предлагается следующая схема переработки низкосортного (55÷75%  $CaF_2$ ) metspar:

Metspar марок ФГ-55, ФГ-65, ФК-65, ФГ-75, ФГМ-75, ФК-75 по ГОСТ 29220-91 и сульфат аммония марок А, Б или В по ТУ 113-03-625-90, взятый в количестве 150÷160% от стехиометрии, подвергаются измельчению до 150 меш (-0,1 мм) и смешиванию в смесителях-питателях непрерывного либо периодического действия, после чего поступают в печь спекания с температурой в передней части 235...255°C, а в задней части – 385...400°C. В печи последовательно протекают следующие процессы:



Газообразные продукты реакции утилизируют по вышеприведённым схемам: ТФК по уравнению (7) абсорбируют раствором фторида аммония с образованием раствора ГФСА, который затем разлагают аммиаком либо его водным раствором по уравнению (8). Выделяющийся по уравнению (12) углекислый газ абсорбируют раствором аммиака с образованием карбоната аммония:



Раствор фторида аммония подвергают фильтрационной очистке и упариванию, в результате чего он по уравнению (6) частично разлагается на аммиак (который возвращается на стадию абсорб-

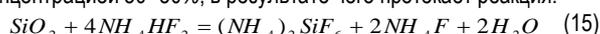
ции ТФК) и бифторид аммония. Продукт упаривания кристаллизуется из раствора в форме ФБФА, а осадок ОКК после промывки и обезвоживания утилизируется в виде «белой сажи».

Как указывалось выше, «белая сажа» является ценным товарным продуктом (в частности, она используется в качестве армирующего наполнителя в производстве резины и пластмасс). Карбонат аммония также является ценным химическим сырьём для синтеза карбамида (по реакции Базарова) и его производных (например, меламина). Как указывалось выше, стоимость массовой доли аммиака в карбонате аммония в 4 раза выше, чем в сульфате аммония. Таким образом, примеси кремнезёма и карбоната кальция, которые в общепринятой схеме переработки флюорита считаются вредными, в предложенной схеме являются источниками получения ценных товарных продуктов.

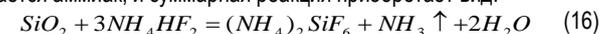
Твёрдый остаток спекания, представляющий собой двойной сульфат кальция-аммония состава  $(NH_4)_2Ca_2(SO_4)_3$  с примесью ангидрита, непрореагировавших флюорита и кремнезёма, а также ряда иных примесей, подвергают распулровке горячим (85...110°C) раствором сульфата аммония с концентрацией 25÷50%, в результате чего двойной сульфат кальция-аммония и ангидрит переходят в раствор, который затем очищается от кремнезёма, флюорита и прочих нерастворимых примесей путём декантации, фильтрации либо центрифугирования. После этого производится кристаллизация коктаита с последующим его гидролитическим разложением по уравнению (9) на высокочистый гипс и раствора сульфата аммония, который после гидролитической очистки упаривается, после чего при охлаждении часть сульфата аммония кристаллизуется и возвращается на спекание с флюоритом, а маточный раствор (МР) после очистки от щёлочных металлов возвращается на стадию выщелачивания твёрдого остатка спекания.

Нерастворимый остаток от выщелачивания спека при сопоставимом содержании в нём кремнезёма и флюорита (что имеет место при переработке 75%-ого metspar) просто возвращается в голову процесса и объединяется с исходным флюоритовым концентратом. При явном преобладании кремнезёма (что имеет место при переработке более низкосортных metspar) перед возвращением в голову процесса он подлежит обескремниванию путём обработки ФБФА по известной схеме, причём кремнезём извлекается из него в форме той же «белой сажи». Возможны два варианта переработки: либо выщелачивание концентрированным (30÷50%) раствором ФБФА [5], либо спекание с твёрдым ФБФА [9].

По первому варианту нерастворимый остаток при температуре 80...100°C обрабатывают раствором фторида-бифторида аммония с концентрацией 30÷50%, в результате чего протекает реакция:



Образующийся в результате реакции (15) фторид аммония разлагается по уравнению (6), в результате чего из раствора улетучивается аммиак, и суммарная реакция приобретает вид:



Полученный раствор ГФСА, в свою очередь, охлаждается и разлагается аммиаком по уравнению (8), после чего осадок ОКК после промывки и обезвоживания превращается в «белую сажу», а раствор фторида аммония упаривается, в процессе чего разлагается по уравнению (6) на аммиак, который возвращается на разложение ГФСА, и концентрированный раствор ФБФА, который возвращается на выщелачивание кремнезёма.

По второму варианту нерастворимый остаток спекают с ФБФА при температуре 200÷250°C, в результате чего та же реакция (16) протекает в одну стадию. Далее спек дополнительно нагревают до 300÷450°C, в результате чего происходит сублимация ГФСА, который абсорбируют водой и затем разлагают аммиаком по уравнению (8).

Таким образом, химизм обоих вариантов одинаков, различают только среда и аппаратное оформление (при этом первый

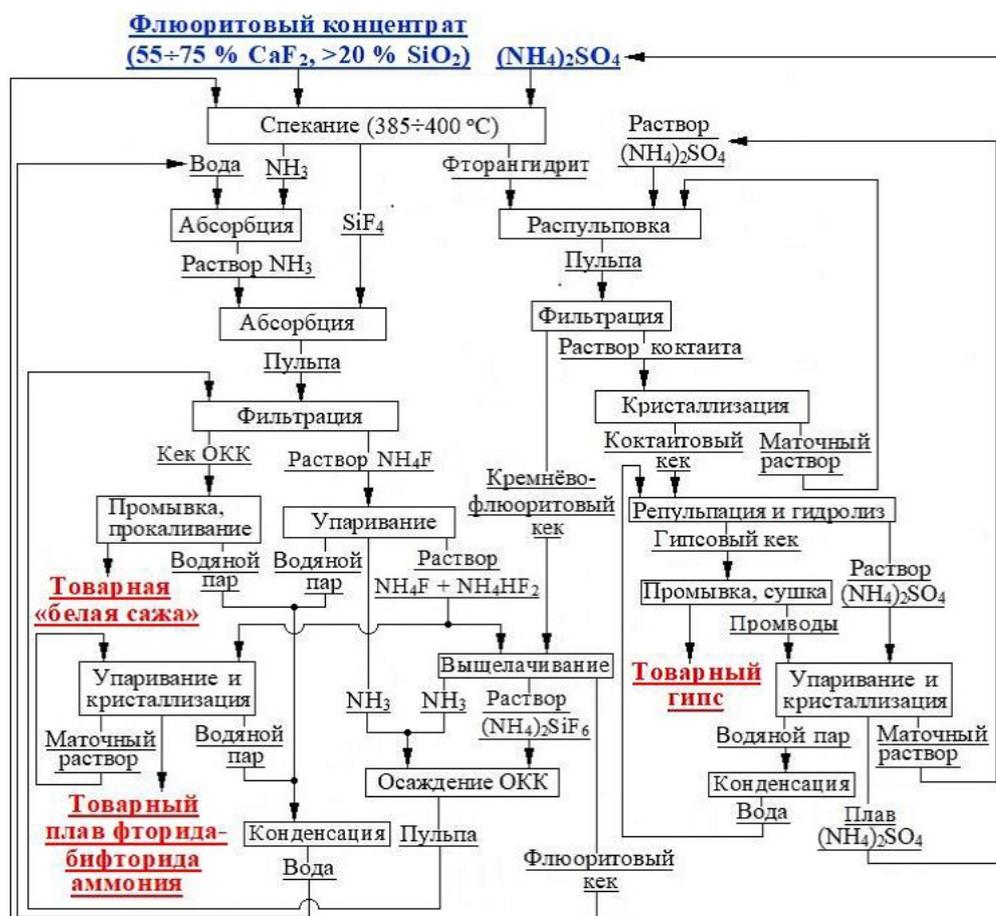


Рис. 2 Технологическая схема процесса переработки metspar на ФБА, «белую сажу» и товарный гипс

процесс является более энергосберегающим, а второй – более производительным).

Таким образом, содержащиеся в концентрате кальций, фтор, углекислота и кремнезём утилизируются в виде товарных продуктов – фторида-бифторида аммония, карбоната аммония, «белой сажи» и высокочистого гипса. Рекомендуемая технологическая схема процесса показана на рис. 2.

Концентраты metspar часто содержат существенное количество примесей ценных металлов (ЦМ) – Ba, Be, Cs, Ga, Li, Rb, Sn, Sr, W, PЗЭ и др. [2, 10-12], которые присутствуют как непосредственно во флюорите (в виде изоморфных примесей), так и в форме отдельных минералов. При переработке флюоритовых концентратов по общепринятой технологии данные примеси остаются в фосфогипсе и не извлекаются. Кроме того, в процессе производства высококачественных флюоритовых концентратов большое количество ЦМ остаётся в хвостах обогащения. К примеру, суммарная стоимость Be, Li, Rb и Cs в хвостах Ярославского ГОКа (Приморский край) как минимум в 4 раза превышает стоимость содержащегося в них флюорита [2]. Предлагаемая технология позволяет утилизировать существенную часть данных ЦМ.

В процессе спекания metspar с сульфатом аммония большая часть ЦМ переходит в сульфатную форму. При последующем выщелачивании спека в раствор вместе с ангидритом переходят в сульфатной форме Be, Cs, Ga, Li, Rb, и PЗЭ (а из компонентов пустой породы – также Al, K, Fe, Mg и Na). Сульфаты ряда других металлов (Sn, Ti, W, Zr) вследствие гидролиза разлагаются с образованием соответствующих гидроксидов и переходят в нераствори-

мый остаток вместе с нерастворимыми сульфатами (баритом  $BaSO_4$ , целестином  $SrSO_4$ , англезитом  $PbSO_4$ ), сульфидами и самородными элементами.

Поскольку МР сульфата аммония полностью возвращается в производственный цикл, в нём постепенно происходит накопление сульфатов примесных металлов (в т.к. таких ценных, как Be, Cs, Ga, Li, Rb и PЗЭ), поэтому после упаривания МР и частичной кристаллизации сульфата аммония целесообразно периодически проводить его очистку от примесных металлов. Из МР сульфата аммония путем предварительного восстановления Fe (3+) и Fe (2+) последующей нейтрализации раствором аммиака могут быть гидролитически осажжены Al, Be, Ga и PЗЭ в форме гидроксидов и основных сульфатов, а путём последующей обработки карбонатом аммония – также Fe, Mg, Mn и остатки Ca в форме карбонатов. Далее, щелочные металлы могут быть осажжены в форме криолита  $MeAlF_6$ , где Me – щелочной металл. Таким образом, практически все примесные металлы могут быть выделены из раствора в форме трёх кеков: глинозёмного (в котором концентрируются Be, Ga и PЗЭ), криолитового (в котором концентрируются Cs, Li и Rb) и отвального сидеритового (в который выводятся из раствора Ca, Fe, Mg и Mn в форме карбонатов), причём его сухая масса которого в среднем составляет менее 5% от массы исходного metspar [12], что позволяет считать процесс безотходным. По данным [12], во флюоритах Восточного Забайкалья содержание  $Al_2O_3$  составляет  $0,002 \pm 3,11\%$  (в среднем 0,78%), а  $\Sigma (Na_2O + K_2O) - 0,02 \pm 1,55\%$  (в среднем 0,25%). Таким образом, содержание Be, Ga и PЗЭ в глинозёмном кеке на два порядка выше, чем в исходном концентрате, а содержа-

ние Cs, Li и Rb в криолитовом кеке – почти на три порядка. В частности, во флюоритах Восточного Забайкалья содержание Li составляет  $0,2 \pm 22,2\%$  (в среднем 4,35%) от суммарного содержания щелочных металлов, содержание Rb –  $0,2 \pm 2,0\%$  (в среднем 0,6%), содержание Cs –  $0,01 \pm 6\%$  (в среднем 0,33%) [12]. Сопоставимо содержание щелочных ЦМ в отвалах флюоритового производства Ярославского ГОК (Приморье): среднее содержание Li, Rb и Cs составляет, соответственно, 5,55%, Rb – 4,56% и 0,80% от суммарного содержания щелочных металлов [2]. Очевидно, что при столь высоком содержании их извлечение из криолитового кека будет экономически весьма целесообразным.

Следует заметить, что полупродукты схожего состава в металлургии редких металлов встречаются достаточно часто, поэтому разделение соединений Al, Be, Ga и PЗЭ, а равно и выделение Cs, Li и Rb из калий-натриевых растворов может успешно проводиться по уже существующим технологиям [13].

Нерастворимый остаток от выщелачивания спека также может быть успешно переработан. Поскольку он также полностью возвращается в производственный цикл, в нём постепенно происходит накопление ЦМ в форме нерастворимых сульфатов (Ba, Sr, Pb), гидроксидов (Sn, W, Ti, Zr), сульфидов и самородных металлов, поэтому после в нём достижения достаточно высокого содержания ЦМ целесообразно периодически проводить их извлечение физическими либо химическими методами – к примеру, вольфрамовая кислота может быть отмыта аммиаком [13], гидроксиды Sn, Ti, Zr – серной кислотой, а сульфиды и сульфаты Ba, Sr, Pb отделены от флюорита методами флотации и гравитации по стандартным технологическим схемам [14]. При этом извлечение Sn, W, Ti, Zr целесообразно производить до химического обескремнивания нерастворимого остатка, а гравитационное и/или флотационное обогащение

– после обескремнивания. В свою очередь, переработка коллективного концентрата сульфатов Ba, Sr, Pb также не представляет проблемы – свинец может быть выделен методом селективного восстановления, а методы разделения стронция и бария достаточно многочисленны [15-17].

Таким образом, предлагаемая технологическая схема переработки флюоритового сырья имеет ряд преимуществ по сравнению со стандартной схемой:

1. Она позволяет использовать в качестве сырья вместо высокосортового плавиковошпатового концентрата марок ФФ-92А и выше по ГОСТ 29219-91 низкосортный концентрат марок ФГ-55, ФГ-65, ФК-65, ФГ-75, ФГМ-75, ФК-75 по ГОСТ 29220-91, а вместо дорогой и дефицитной концентрированной серной кислоты – сульфат аммония марок А, Б или В по ТУ 113-03-625-90, являющийся низколиквидным отходом ряда производств.

2. Технология является практически безотходной: основные компоненты концентрата (кальций, фтор, углекислота и кремнезём) полностью утилизируются в виде товарных продуктов – фторида-бифторида аммония, карбоната аммония, «белой сажи» и высококачественного гипса.

Примеси калия, натрия и алюминия также могут быть утилизированы в виде товарных продуктов. Единственным отходом производства является сидеритовый (карбонатный) кек, сухая масса которого в среднем составляет менее 5 % от массы исходного метспар.

3. В случае наличия в концентрате примесей ценных компонентов, являющихся обычными природными спутниками флюорита (Ba, Be, Cs, Li, Pb, Rb, Sn, Sr, Ti, W, Zr и пр.) они могут быть сконцентрированы на 2-3 порядка и направлены в качестве сырья в соответствующие металлургические производства.

#### Библиографический список:

1. Investor's and Procurement Guide South Africa. Part 2: Fluorspar, Chromite, Platinum Group Elements / P. Buchholz et al. – DERA Rohstoffinformationen, 22: Berlin, 2015 – 120 pp.
2. Переработка флюоритсодержащего минерального сырья и отходов Ярославского горно-обогатительного комбината: монография / П.С. Гордиенко [и др.] – Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2020 — 115 с.
3. Winnacker K. Chemische Technologie. Anorganische Technologie I. / K. Winnacker, E. Weingaertner – München, Carl Hanser Verlag, 1950 – 644 с.
4. Патент СССР № 1650580 А1. Способ получения бифторид-фторида аммония. – 1991.
5. Труды НИУИФ. 1919-2014 : сборник научных трудов / сост. В.С. Суцеев, В.И. Суходолова – Москва : Галлея-Принт, 2014. – 583 с.
6. патент Великобритании № 2557605А. Method of producing high purity gypsum. – 2016.
7. Крысенко Г.Ф. Исследование возможности обесфторивания фторидов кальция и редкоземельных элементов сульфатом аммония / Г.Ф. Крысенко [и др.] // Химическая технология. – 2020. – №9 – С. 395-402.
8. Halstead W.D. Thermal decomposition of ammonium sulphate / W.D. Halstead // Journal of Applied Chemistry. – 2007 – vol. 20, № 4. – pp.129–132.
9. Демьянова Л.П. Фторидный способ переработки кварцсодержащего сырья Приамурья с получением высококремнистых продуктов. Дис. ... канд. тех. наук : 05.17.11 / Демьянова Лариса Петровна ; ТПУ ; науч. рук. А.С. Буйновский. – Томск, 2009. – 123 с.
10. Гусев А.И. К геохимии флюорита Горного Алтая / А.И. Гусев // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 11. – С. 103-107.
11. Шатков Г.А. Редкие земли как индикаторы генезиса флюоритовых и флюоритсодержащих месторождений Забайкалья / Г.А. Шатков, П.М. Бутаков // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 46. – С. 67-84.
12. Зеликман А.Н. Металлургия редких металлов : учеб. пособие / А.Н. Зеликман, Б.Г. Коршунов. – М., Metallurgia, 1991. – 432 с.
13. Глембоцкий В.А. Флотационные методы обогащения : учебник для ВУЗов / В.А. Глембоцкий, В.И. Классен. – М., Недра, 1981. – 304 с.
14. Афанасьева Л.И. Разделение бария, стронция и кальция с использованием ЭДТА: автореф. дис. ... канд. хим. наук : 05.17.02 / Афанасьева Людмила Ивановна ; ЛТИ им. Ленсовета. – Ленинград, 1963. – 13 с.
15. Патент СССР № 1278299 А1. Способ разделения хлоридов стронция и бария. – 1985.
16. Патент СССР № 1065343 А1. Способ очистки нитрата стронция от примеси бария. – 1982.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, No. 3 (98) pp. 4-9

#### WASTE-FREE PROCESSING TECHNOLOGY FOR LOW-GRADE FLUORS PAR CONCENTRATE

<sup>1</sup>Nurzhanov K.E., General Director.

<sup>2</sup>Polinovsky K.D., Specialist in refining, Candidate of Technical Sciences.

<sup>3</sup>Duisebayev B.O., General Director, Doctor of Technical Sciences, Professor.

<sup>4</sup>Kurbanov M.A., Deputy Head of the Central Research Laboratory, Ph.D.

<sup>1</sup>JSC «Agricultural Enterprise «Zarechnoye».

<sup>2</sup>JSC «Moscow special alloys processing plant».

<sup>3</sup>LLP «Design Bureau of Chemical Engineering».

<sup>4</sup>JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company». Navoi, Uzbekistan.

The paper presents the prospects for waste-free processing of low-grade fluor spar concentrate in order to reduce the cost of reagents and utilize of production waste and associated valuable raw materials components. Fluorspar concentrates are divided into two main grades: relatively inexpensive metallurgical (metspars), obtained by manual and gravity separation methods and used in metallurgy as a flux, and expensive acid (acidspars), obtained by a much more expensive froth flotation method and intended for the production of hydrogen fluoride and its aqueous solution (hydrofluoric acid). The standard hydrofluoric acid production process provides for high-temperature treatment of fluor spar concentrate with concentrated sulfuric acid and places high demands on the quality of raw materials, and the waste product – fluoranhydrite – is utilized of to a very small extent. It is proposed to use ammonium sulfate as a reagent instead of sulfuric acid, obtaining ammonium bifluoride fluoride as the main product, fluoranhydrite is leached with an ammonium sulfate solution followed by precipitation a commercial gypsum from the solution, and the mother liquor and insoluble residue are returned to the production cycle, which allows the concentration and disposal of associated rare metals.

**Keywords:** waste-free processing, low-grade fluor spar concentrate, sintering, ammonium sulfate, silicon tetrafluoride, ammonium fluoride-bifluoride, "white soot", fluoranhydrite leaching, utilization of raw material components, concentration of associated valuable components.

#### Bibliographic list:

1. Investor's and Procurement Guide South Africa. Part 2: Fluorspar, Chromite, Platinum Group Elements / P. Buchholz et al. – DERA Rohstoffinformationen, 22: Berlin, 2015. – 120 p.
2. Processing of fluorite-containing mineral raw materials and waste of the Yaroslavski mining and Processing Plant: monograph / P.S. Gordienko [et al.] – Moscow: RIOR: INFRA-M, 2020. – 115 p.
3. Winnacker K. Chemische Technologie. Anorganische Technologie. // K. Winnacker, E. Weingaertner – München, Carl Hanser Verlag, 1950. – 644 p.
4. USSR patent No. 1650580 A1. Method for the production of ammonium bifluoride. – 1991.
5. Transactions of the Scientific Research Institute for Fertilizers and Insectofungicides (NIUIF) 1919-2014 : Collection of scientific papers // V.S. Sushchev, V.I. Sukhodolova (eds.). – Moscow: Galleya-Print, 2014. – 583 p.
6. UK Patent No. 2557605A. Method for producing high purity gypsum. – 2016.
7. Krysenko G.F. Investigation of the possibility of fluoridation of calcium fluorides and rare earth elements with ammonium sulfate / G.F. Krysenko [et al.] // Chemical technology. – 2020. – No. 9. – pp. 395-402.
8. Halstead W.D. Thermal decomposition of ammonium sulphate / W.D. Halstead // Journal of Applied Chemistry. – 2007. – vol. 20, No. 4. – pp.129-132.
9. Demyanova L.P. A Fluoride method for processing quartz-containing raw materials of the Amur region to produce high-silica products. Diss. ... candidate of technical sciences: 05.17.11 / Demyanova Larisa Petrovna; TPU; scientific supervisor A.S. Buinovskiy. – Tomsk, 2009. – 123 p.
10. Gusev A.I. To the geochemistry of fluorite of the Gornyi Altai // A.I. Gusev // Advances in current natural sciences. – 2013. – No. 11 – pp. 103-107.
11. Shatkov G.A. Rare earths as indicators of the genesis of fluorite and fluorite-containing deposits in Transbaikalia // G.A. Shatkov, P.M. Butakov // Regional Geology and Metallogeny. – 2011. – No. 46. – pp. 67-84.
12. Zelikman A.N., Metallurgy of rare metals: textbook // A.N. Zelikman, B.G. Korshunov. – Moscow: Metallurgy, 1991. – 432 p.
13. Glembofsky V.A. Flotation methods of mineral processing: textbook for universities // V.A. Glembofsky, V.I. Klassen. – M.: Nedra, 1981. – 304 p.
14. Afanasyeva L.I. Separation of barium, strontium and calcium using EDTA: author's abstract. diss. ... candidate of chemical sciences: 05.17.02 // Afanasyeva Lidiya Ivanovna; Leningr. Technol. Inst. name of the Lensovet. – Leningrad, 1963. – 13 p.
15. USSR Patent No. 1278299 A1. Method for separation of strontium and barium chlorides. – 1985.
16. USSR Patent No. 1065343 A1. Method for purification of strontium nitrate from barium impurities. – 1982.

1M63

ТОКАРНО – ВИНТОРЕЗНЫЙ  
СТАНОК



**NMZ**  
Завод имени М. Горького

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НЕРАБОЧИХ БОРТОВ КАРЬЕРОВ: АНАЛИЗ И РЕКОМЕНДАЦИИ



**Насиров У.Ф.**,  
заместитель директора  
по научной работе и инновациям  
АФ НИТУ «МИСиС»,  
д.т.н., профессор



**Заиров Ш.Ш.**,  
начальник сектора  
научных исследований, инноваций и  
подготовки научно-педагогических  
кадров АФ НИТУ «МИСиС»,  
д.т.н., профессор



**Номдоров Р.У.**,  
доцент кафедры  
«Геология и горное дело»  
Каршинского инженерно-  
экономического института, PhD



**Ишаноджаев З.К.**,  
директор  
Дирекции по строительству ГТК и  
объектов инфраструктуры  
АО «Алмалыкский ГМК»

*Baland pog'onalarni uchta pog'onachalarga ajratish yo'li bilan baland pog'onani turli qiyaliklarda har qaysi pog'onachalarni qiyalik burchagi va maqbul balandligi o'rnatilgan va ularni muxandislik hisoblashlardagi formulalari olingan. Qoldiq deformatsiya zonasida pog'onalarni qiyalashtirish sxemalari ishlab chiqildi, bu bir nechta texnologik pog'onalarni bittada birlashtirish orqali baland pog'onalarni hosil bo'lishi imkonini berdi.*

**Tayanch iboralar:** *pog'onalar qiyaligi, ommaviy portlatish, maydalash, mustahkamlik, bort, texnologik sxema, kon-geologik sharoit, qiyalik profili, kar'yer chuqurligi, qoplovchi jinslar, qiyalik burchagi, portlash, massiv parchalanishi, skvajina zaryadlari.*

*Путём разделения высокого уступа на три подступа установлены рациональные высоты и углы откосов каждого подступа при различных откосах высокого уступа и получены формулы их инженерного расчета. Разработаны схемы заоткоски уступов в зоне остаточных деформаций, позволяющие создать уступы большой высоты путём объединения нескольких технологических уступов в один.*

**Опорные слова:** *откосы уступов, массовые взрывы, разрушение, устойчивость, bort, технологическая схема, горно-геологические условия, профиль откоса, глубина карьера, вскрышные породы, угол наклона, взрыв, дробление массива, скважинные заряды.*

Известно, что с увеличением глубины карьеров возникает острая необходимость в обеспечении устойчивости нерабочих бортов и откосов уступов. На устойчивость нерабочих бортов карьеров влияют как угол наклона борта, так и конфигурация его откоса [1]. Исследование напряженного состояния откоса в зависимости от профиля борта имеет большое значение при выборе окончательных контуров бортов карьеров и целесообразно разбивать bort на зоны с учётом изменения физико-механических свойств пород, поверхностей ослабления и трещиноватости.

В связи с этим необходимо уделять особое внимание решению вопросов совершенствования конструкций бортов путём увеличения высоты уступа и придания откосам на предельном контуре рациональных форм, а также разработке эффективных параметров контурного взрывания для повышения устойчивости нерабочих уступов на карьерах.

Несмотря на многочисленные исследования, проблема обеспечения устойчивости бортов в их предельном положении из-за сложности и широкого разнообразия горнотехнических и гидрогеологических условий месторождений для средних и глубоких карьеров до конца не решена. Наиболее полно вопросы устойчивости бортов карьеров разработаны для условий изотропной среды, а при анизотропии прочностных свойств пород со сложными структурно тектоническими особенностями массива решение данной проблемы является сложным.

Практика ведения буровзрывных работ показывает [2-4], что ослабленные участки в бортах глубоких карьеров в процессе длительной эксплуатации требуют дополнительных затрат на искусственное укрепление. К таким участкам относятся уступы, сложен-

ные породами тектонических зон, а также участки бортов карьеров, примыкающие к капитальным траншеям и транспортным бермам.

В результате анализа исследований влияния взрывных работ в приконтурной зоне на состояние откосов уступов [3-5] установлено, что наиболее благоприятным геолого-структурными характеристиками, позволяющими достигать высоких углов заоткоски уступов, обладают вмещающие породы месторождений 3 класса и первой группы 2 класса, несколько хуже (из-за невыдержанной ориентировки систем трещин) – породы месторождений первого класса, а наихудшими – породы месторождений второй группы 2 класса. Для месторождений 1, 3, 4 классов и первой группы 2 класса характерно отсутствие трещин, подсекающих откосы уступов, за исключением отдельных участков по лежащему борту.

В этих условиях предельно достижимые углы погашения бортов карьеров целиком определяются шириной транспортных берм и углами откосов уступов, которые существенно зависят от степени нарушенности приоткосной части массива взрывными работами. При исследовании степени однородности прибортового массива при контурном взрывании установлено, что на устойчивость нерабочих бортов карьеров влияют как угол наклона борта, так и конфигурация его откоса [6-8]. Влияние конфигурации откоса состоит в перераспределении объёма пород призмы обрушения между призмой активного давления и призмой упора. В связи с тем, что призма активного давления формирует сдвигающие силы, а призма упора – удерживающие, рациональным будет такая конфигурация откоса, при которой масса призмы упора увеличивается, а масса призмы давления уменьшается в таких объёмах, при которых достигается полное сбалансирование сдвигающих и удерживающих

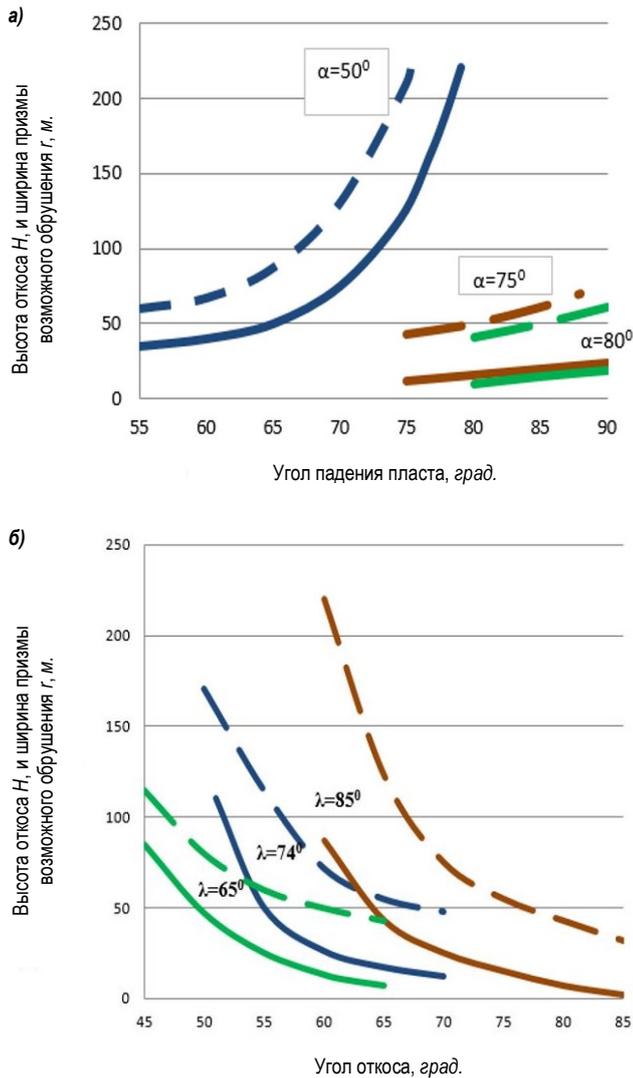


Рис. 1. Зависимости высоты откоса уступа  $H$  и ширины призмы возможного обрушения  $r$  от угла падения слоистости  $\alpha$  при  $\alpha=50, 75, 80^\circ$  (а) и угла откоса  $\lambda$  при  $\lambda=65, 74, 85^\circ$  (б) для массива со следующими характеристиками:  $C=0,2$  МПа;  $C=0,012$  МПа;  $j=30^\circ$ ;  $j=27^\circ$

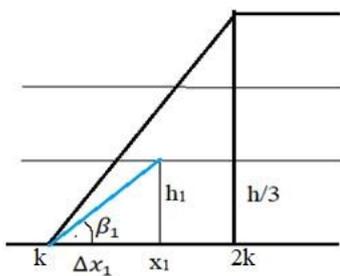


Рис. 2. Схема определения рационального угла откоса первого подступа

сил и достигается уменьшение объема вскрыши. Анализ рациональных конструкций нерабочих бортов карьера показал [9-12], что существующие методы расчётов устойчивости откосов уступов и бортов карьеров позволяют определить параметры откосов вогну-

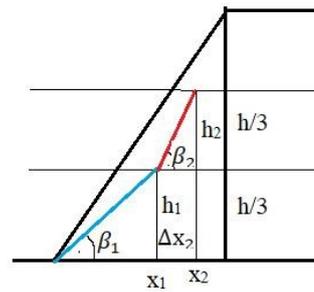


Рис. 3. Схема определения рационального угла откоса второго подступа

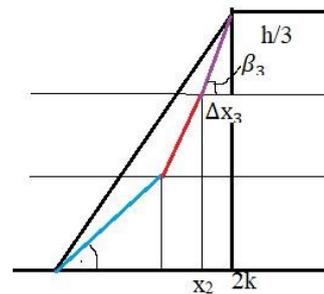


Рис. 4. Схема определения рационального угла откоса третьего подступа

той, выпуклой и плоской форм. Установлена целесообразность разбивать борт на зоны с учётом изменения физико-механических свойств пород, поверхностей ослабления и трещиноватости. Наибольшее распространение в горной практике получили расчёты плоского профиля откоса. Ввиду различного срока службы участков борта карьера такая конструкция не удовлетворяет эффективной отработке месторождения и связана с непроизводительной выемкой пород вскрыши на нижних горизонтах. В настоящее время практическое совершенствование конструкций бортов происходит в направлении увеличения высоты уступа и придания откосам на предельном контуре рациональных форм, применения наклонных предохранительных берм.

Методом алгебраического сложения сил кругло-цилиндрической и монотонной криволинейной поверхности произведена оценка устойчивости бортов карьера путём установления коэффициента устойчивости.

Установлено, что устойчивость откоса уступа в скальных породах определяется устойчивостью отдельных породных блоков, оконтуренных, с одной стороны, поверхностью откоса, с другой – одной или несколькими поверхностями ослабления, к которым относятся трещины отдельностей большого протяжения, контакты слоев, тектонические нарушения. Размеры этих поверхностей должны быть соизмеримы с высотой откосов уступов.

Минимальную высоту откоса  $h_{\min}$  при её заданном угле наклона рекомендуется определять по формуле [10]:

$$h_{\min} = \frac{2c' \cos \varphi' \sin \alpha}{\gamma \sin^2 \left( \alpha - \frac{\varphi'}{2} \right)}, \text{ м} \quad (1)$$

где  $c'$  – сцепление горных пород по наиболее слабому контакту, кПа;  $\varphi'$  – угол внутреннего трения горных пород по наиболее слабому контакту, град.;

$\alpha$  – угол наклона откоса, град.;

$\gamma$  – объёмный вес пород, т/м<sup>3</sup>.

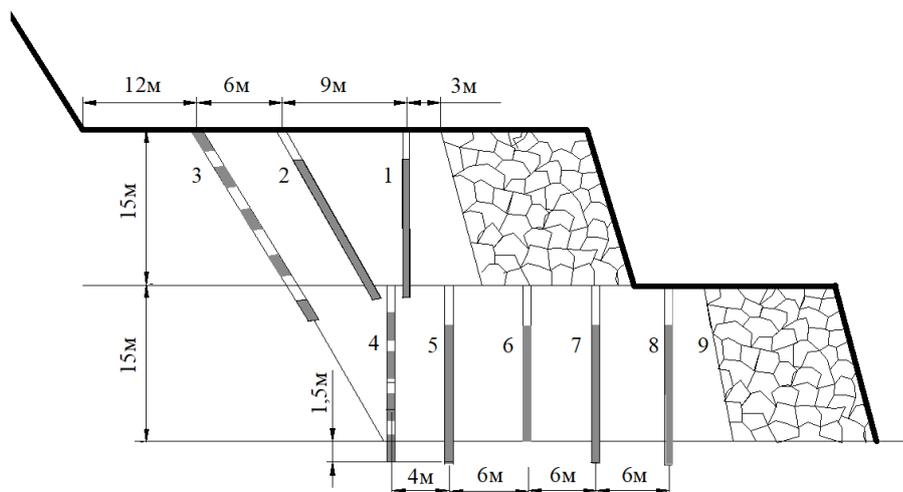


Рис. 5. Сдвигание уступов при падении трещин в сторону массива

Установлены зависимости высоты откоса уступа  $H$  и ширины призмы возможного обрушения  $r$  от угла падения слоистости  $l$  и угла откоса  $\alpha$  для массива с заданными характеристиками (рис. 1).

Произведено математическое моделирование формирования вогнутого профиля откоса высокого уступа путём его разделения на три подступа и установлены рациональные высоты и углы откосов каждого подступа, схемы которых приведены на рис. 2-4.

Рациональный угол откоса первого подступа рекомендуется определять по формуле:

$$\beta_1 = \arctg \left( \frac{h_1 \operatorname{tg} \alpha}{h \sqrt{\frac{h_1}{h}}} \right), \text{ град} \quad (2)$$

где  $h_1$  – высота первого подступа, м;  
 $\alpha$  – проектируемый угол откоса уступа, м;  
 $h$  – общая высота уступа, м.

Рациональный угол откоса второго подступа рекомендуется определять по формуле:

$$\beta_2 = \arctg \left( \frac{h_2 \operatorname{tg} \alpha}{h \left( \sqrt{\frac{h_2}{h}} - \sqrt{\frac{h_1}{h}} \right)} \right), \text{ град} \quad (3)$$

где  $h_2$  – высота второго подступа, м.

Рациональный угол откоса третьего подступа рекомендуется определять по формуле:

$$\beta_3 = \arctg \left( \frac{h_3 \operatorname{tg} \alpha}{h \left( 1 - \sqrt{\frac{h_2}{h}} \right)} \right), \text{ град} \quad (4)$$

где  $h_3$  – высота третьего подступа, м.

Рациональная высота каждого подступа определяются по формулам:

$$h_1 = \frac{h}{5}, \text{ м} \quad (5)$$

$$h_2 = \frac{h}{3}, \text{ м} \quad (6)$$

$$h_3 = \frac{7h}{15}, \text{ м} \quad (7)$$

Таким образом, путем разделения высокого уступа на три подступа установлены рациональные высоты и углы откосов каждого подступа при различных откосах уступа и получены формулы их инженерного расчёта.

Увеличение удельного расхода ВВ при взрывах, начиная с  $q=0,50 \text{ кг/м}^3$ , приводит к разному увеличению отрыва пород по верхней бровке, в то время как величина отрыва по подошве уступа увеличивается несущественно [13].

Выявленные закономерности использовали при разработке схем сдвигания уступов в условиях остаточных деформаций пород.

Схема сдвигания 15-метровых уступов в породах с падением поверхностей ослабления (трещин) в сторону массива приведена на рис. 5. Схемой предусмотрена раздельная заоткоска уступов.

На верхнем уступе бурится один ряд вертикальных скважин (1) и два ряда наклонных скважин (2, 3) из которых один (3) пробурен по контуру. Расстояние в ряду между контурными наклонными скважинами – 4 м, в рядах (2) наклонных и (1) вертикальных скважин – 7 м.

Глубина заоткосных скважин первого ряда (3) – 19 м при высоте уступа 15 м. Заряды в контурных скважинах рассредоточены воздушными промежутками.

Величина заряда для других скважин должна быть определена с учётом трещиноватости пород. Удельный расход ВВ –  $0,4 \text{ кг/м}^3$ , взрывание – короткозамедленное через 35 мс последовательное от обнаженной поверхности к проектному контуру.

Защита приконтурного массива горных пород при отработке нижнего уступа осуществляется путём создания вертикальной барьерной щели. Для этого бурится ряд вертикальных скважин (4) с интервалом 2,5 м в ряду, в которых размещаются заряды ВВ с удельным зарядом  $2 \text{ кг/л.м}$ .

Заряды в скважинах этого ряда взрываются мгновенно, после чего производится взрывание с интервалом замедления 35 мс зарядов рыхления во взрывных скважинах (5-8) последовательно от обнаженной поверхности откоса уступа (9) к проектному контуру уступа.

Таким образом, рекомендованы схемы заоткоски уступов в зоне остаточных деформаций, позволяющие создать уступы большей высоты путём объединения нескольких технологических уступов в один.

## Библиографический список:

1. Силкин А.А., Кольцов В.Н., Шеметов П.А., Жиянов Ю.А., Иноземцев С.Б. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана. – Ташкент: Фан, 2005. – 229 с.
2. Шеметов П.А. Подготовка горной массы для циклично-поточной технологии карьера Мурунтау // Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом. – Ташкент: Фан, 1997. – С. 75-80.
3. Норов Ю.Д., Бибик И.П., Заиров Ш.Ш. Управление эффективными параметрами буровзрывных работ по критерию качества взорванной горной массы // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2016. – №1. – С. 58-64.
4. Мальгин О. Н., Кустов А. М., Шеметов П. А. Совершенствование взрывных работ в Навоийском ГМК // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2002. – С. 9-12.
5. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. – М.: Недра, 1973. – 232 с.
6. Силкин А.А., Кольцов В.Н. Геомеханический анализ и системы контроля деформации бортов карьера Мурунтау // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2002. – №4. – С. 17-22.
7. Рыбин В.В. Развитие теории геомеханического обоснования рациональных конструкций бортов карьеров в скальных тектонически напряженных породах // Дисс. ... докт. техн. наук. – Апатиты, 2016 г. – 261 с.
8. Ракишев Б.Р., Шашенко А.Н., Ковров А.С. Геомеханическая оценка устойчивости бортов карьеров и отвалов. – Алматы: «Гылым», НАН РК, 2017. – 234 с. ISBN 978-601-323-103-7.
9. Заирова Ф.Ю., Камолова Н.Э., Номдоров Р.У. Анализ выполненных исследований по контурному взрыванию для обеспечения устойчивости откосов уступов на карьерах // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2022. – №3. – С. 14-20.
10. Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Равшанова М.Х., Номдоров Р.У. Физико-техническая оценка устойчивости бортов карьеров с учетом технологии ведения буровзрывных работ. – Монография. – Бухоро: изд-во «Бухоро», 2020. – 175 с.
11. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Nomdorov R.U. Modelling and determination of rational parameters of blast wells during preliminary crevice formation in careers // Chemical Technology, Control and Management. – Tashkent, 2020. – Vol. 2020. – Iss. 5. – Article 25. – pp. 140-150.
12. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Nomdorov R.U. Developing a Method of Forming a Sustainable Slot of Career Boards that Provide Safe Mining Work // Academic Journal of Digital Economics and Stability. – Special Issue on «Innovative Economy: Challenges, Analysis and Prospects for Development». – Spain, Published in Aug. 2021. – pp. 812-818. ISSN 2697-2212.
13. Рубцов С.К., Шеметов П.А. Управление взрывным воздействием на горный массив при открытой разработке месторождений. – Ташкент: Изд-во «ФАН» АН РУз, 2011. – 400 с.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, № 3 (98) pp. 10-13

## INCREASING THE STABILITY OF NON-WORKING SLOPES IN QUARRIES: ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS

<sup>1</sup>Nasirov U.F., Deputy Director for Research and Innovation, Doctor of Technical Sciences, Professor.

<sup>1</sup>Zairov Sh.Sh., Head of the Sector of Scientific Research, Innovation and Training of Scientific and Pedagogical Personnel, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: sher-z@mail.ru.

<sup>2</sup>Nomdorov R.U., Associate Professor at the Department of Geology and Mining, PhD.

<sup>3</sup>Ishankhodzhaev Z.K., Director of the Directorate for the Construction of State Customs Committee and Infrastructure Facilities.

<sup>1</sup>Almalyk Branch of the National University of Science and Technology «MISIS». Almalyk, Uzbekistan.

<sup>2</sup>Karshi Engineering and Economic Institute. Karshi. Uzbekistan.

<sup>3</sup>JSC «Almalyk MMC». Almalyk. Uzbekistan.

By dividing a high bench into three sub-benches, the rational heights and slope angles of each sub-bench have been determined for various high bench slopes, and formulas for their engineering calculation have been obtained. Schemes for sloping benches in the zone of residual deformation have been developed, which allow the creation of high benches by combining several technological benches into one.

**Keywords:** bench slopes, mass blasting, failure, stability, quarry face, technological scheme, geological and mining conditions, slope profile, quarry depth, overburden, slope angle, blasting, rock fragmentation, borehole charges.

### Bibliographic list:

1. Silkin A.A., Koltsov V.N., Shemetov P.A., Zhiyanov Yu.A., Inozemtsev S.B. Management of long-term stability of slopes in quarries in Uzbekistan. – Tashkent: Fan, 2005. – 229 p.
2. Shemetov P.A. Preparation of rock mass for cyclic-flow technology of the Muruntau quarry // Theory and practice of open-pit mining of the Muruntau deposit. – Tashkent: Fan, 1997. – pp. 75-80.
3. Norov Yu.D., Bibik I.P., Zairov Sh.Sh. Managing the effective parameters of drilling and blasting operations based on the quality criterion of the blasted rock mass // News of universities. Mining magazine. – Ekaterinburg, 2016. – No. 1. – pp. 58-64.
4. Malgin O. N., Kustov A. M., Shemetov P. A. Improvement of blasting operations at the Navoi MMC // Mining Bulletin of Uzbekistan. – Navoi, 2002. – pp. 9-12.
5. Demin A.M. Stability of open-pit mines and dumps. – M.: Nedra, 1973. – 232 p.
6. Silkin A.A., Koltsov V.N. Geomechanical analysis and control systems for deformation of the sides of the Muruntau quarry // Mining Bulletin of Uzbekistan. – Navoi, 2002. – No. 4. – pp. 17-22.
7. Rybin V.V. Development of the theory of geomechanical substantiation of rational structures of quarry sides in tectonically stressed rocks // Diss. ... doc. tech. Sci. – Apatity, 2016. – 261 p.
8. Rakishev B.R., Shashenko A.N., Kovrov A.S. Geomechanical assessment of the stability of the sides of quarries and dumps. – Almaty: «Gylym», NAS RK, 2017. – 234 p. ISBN 978-601-323-103-7.
9. Zairova F.Yu., Kamolova N.E., Nomdorov R.U. Analysis of completed studies on contour blasting to ensure the stability of bench slopes in quarries // Mining Bulletin of Uzbekistan. – Navoi, 2022. – No. 3. – pp. 14-20.
10. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Ravshanova M.Kh., Nomdorov R.U. Physical and technical assessment of the stability of quarry sides taking into account the technology of drilling and blasting operations. – Monograph. – Bukhoro: publishing house «Bukhoro», 2020. – 175 p.
11. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Nomdorov R.U. Modeling and determination of rational parameters of blast wells during preliminary crevice formation in careers // Chemical Technology, Control and Management. – Tashkent, 2020. – Vol. 2020. – Iss. 5. – Article 25. – pp. 140-150.
12. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Nomdorov R.U. Developing a Method of Forming a Sustainable Slot of Career Boards that Provide Safe Mining Work // Academic Journal of Digital Economics and Stability. – Special Issue on «Innovative Economy: Challenges, Analysis and Prospects for Development». – Spain, Published in Aug. 2021. – pp. 812-818. ISSN 2697-2212.
13. Rubtsov S.K., Shemetov P.A. Control of explosive impact on a rock mass during open-pit mining. – Tashkent: Publishing house «FAN» of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 2011. – 400 p.

## О ПОКАЗАТЕЛЯХ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА



**Почоев А.А.**,  
старший преподаватель  
кафедры «Геология и нефтегазовое дело»  
Горно-металлургического института Таджикистана



**Азизов Р.О.**,  
академик инженерной Академии РТ,  
д.т.н., профессор



**Разыков З.А.**,  
профессор  
кафедры «Экология»  
Горно-металлургического института  
Таджикистана, д.т.н., академик международной  
инженерной Академии

*Maqola Shimoliy Tojikistonda neft va neft mahsulotlarining to'yingan bug' bosimlarini o'rganishga bag'ishlangan. Tashkil qilingan tadqiqotlar natijasida neft va benzinning to'yingan bug' bosimlari o'lchangan va ular haqida ma'lumotlar qayd etilgan. Olingan natijalar, saqlashda engil uglevodorodlar yo'qotilishini kamaytirish uchun yuzalar-aktiv moddalar (YAM)dan foydalanishga qaratilgan quyidagi tadqiqotlar uchun asos bo'ladi. Bu uglevodorodlarni saqlash va transportirovka qilish sharoitlarini yaxshilashga yordam beradi.*

**Tayanch iboralar:** To'yingan bug' bosimi, neft, benzin, harorat, tadqiqot, neftni saqlash.

*Статья посвящена исследованию показателей давления насыщенных паров нефти и нефтепродуктов Северного Таджикистана. В ходе экспериментов были измерены давления насыщенных паров нефти и бензина, и зафиксированы соответствующие данные. Полученные результаты станут основой для дальнейших исследований, направленных на снижение потерь лёгких углеводородов при хранении с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Это позволит улучшить условия хранения и транспортировки углеводородов.*

**Опорные слова:** давление насыщенных паров, нефть, бензин, температура, исследование, хранение нефти.

Пар, находящийся в равновесии с жидкостью, называется насыщенным. В состоянии насыщения, пары обладают наибольшим давлением (упругостью), возможным при данной температуре.

Давление насыщенных паров данного вещества является функцией температуры.

Температура кипения представляет собой ту температуру, при которой давление насыщенного пара данной жидкости равно внешнему давлению. Поэтому определение давления насыщенных паров можно свести к определению того давления, которым обладают пары кипящей жидкости.

Для ряда жидкостей, в том числе и для нефтепродуктов, зависимость температуры кипения от давления неизвестна. Эту зависимость для каждого данного случая приходится определять опытным путём, находя ряд значений температур кипения и соответствующие им температуры.

В нефтяной практике определяют как температуры кипения при различных давлениях, так и давления насыщенных паров при различных температурах [1].

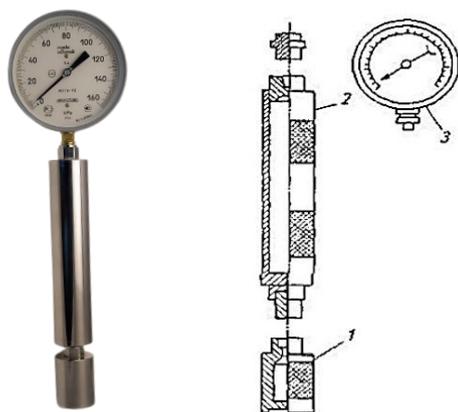
Давление насыщенных паров — это давление, при котором пар, находящийся над жидкостью, находится в равновесии с самой жидкостью при заданной температуре.

Оно определяется как давление, при котором количество молекул, испаряющихся из жидкости, равно количеству молекул, конденсирующихся обратно в жидкость.

Этот параметр является ключевым для понимания термодинамических свойств веществ, так как он определяет, при какой температуре вещество начнёт кипеть или конденсироваться.

Существует несколько методик измерения давления насыщенных паров.

Одним из распространённых методов является использование манометра с температурным контролем, который позволяет измерять давление в закрытом сосуде при установленных температурах.

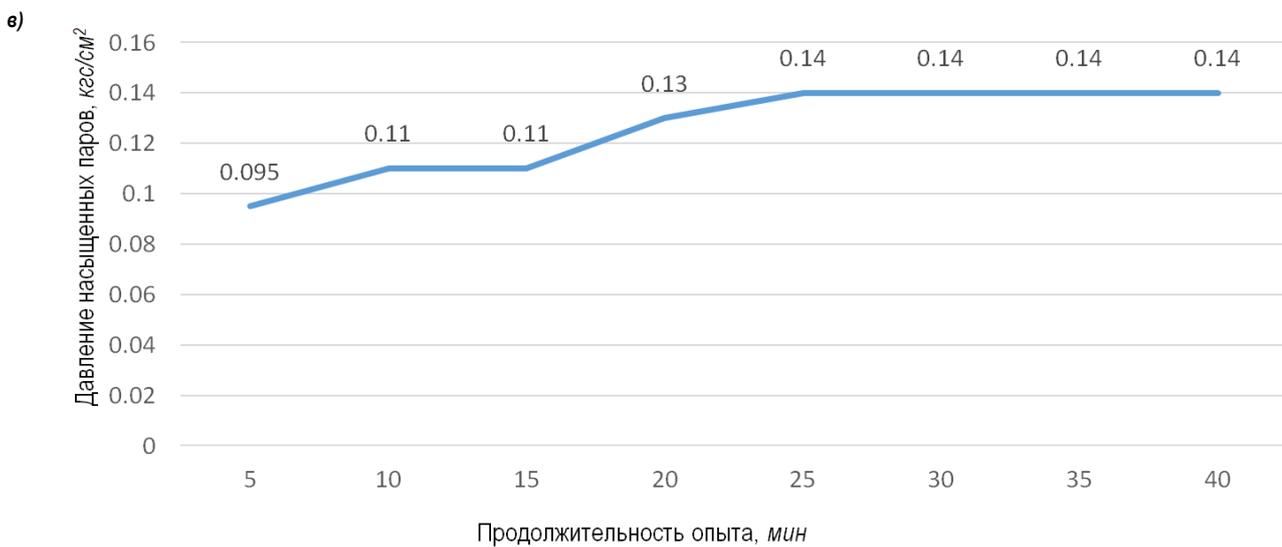
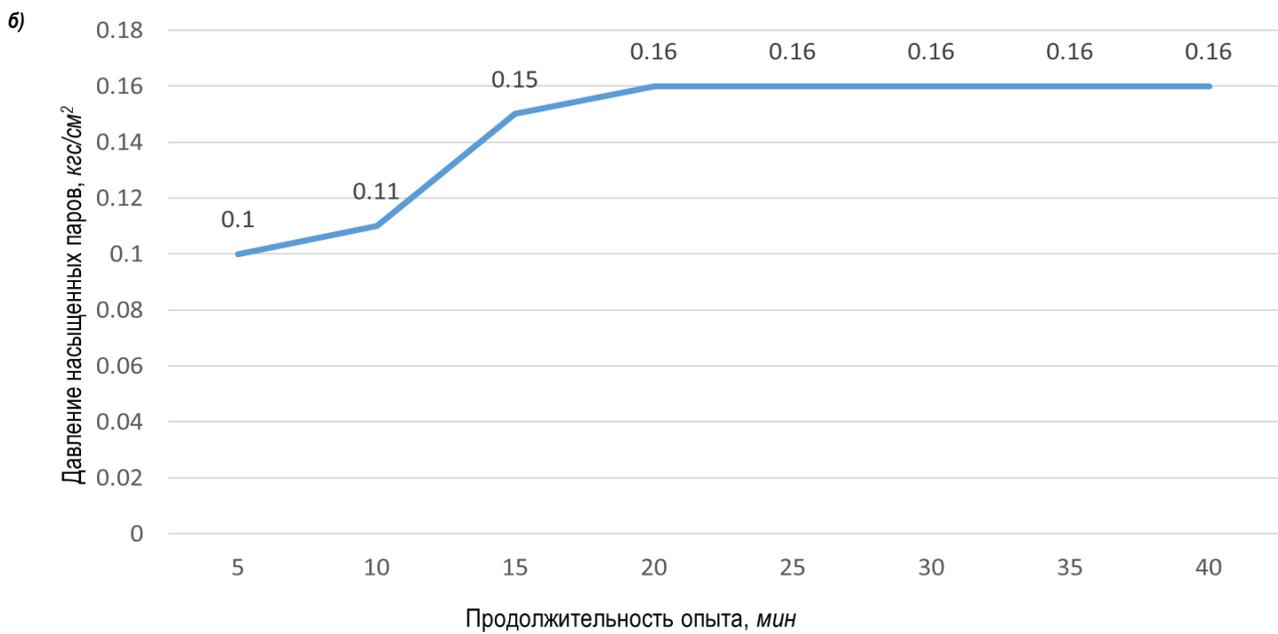
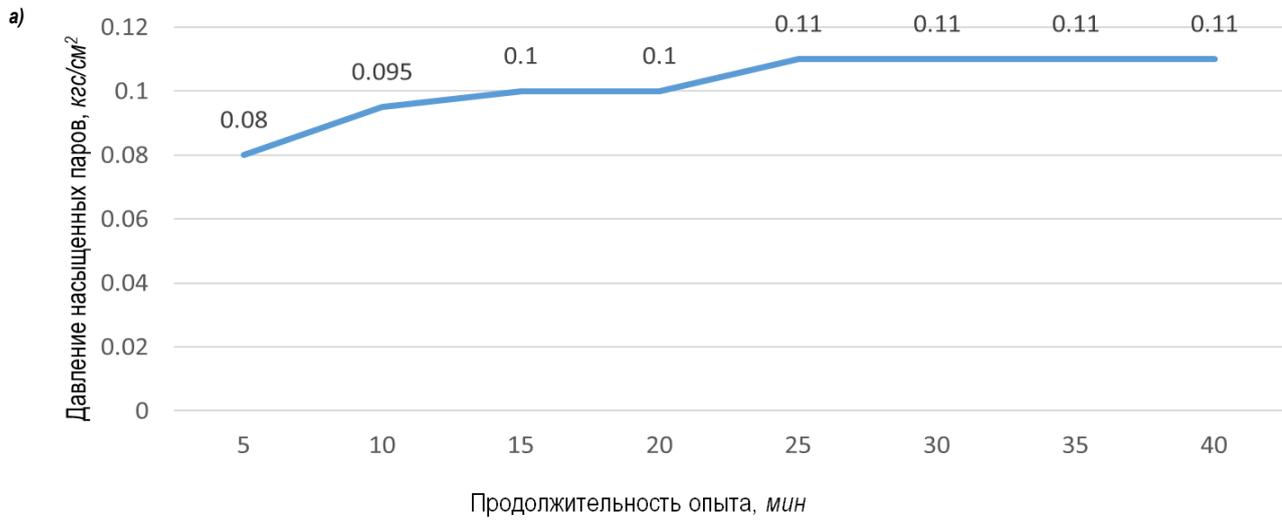


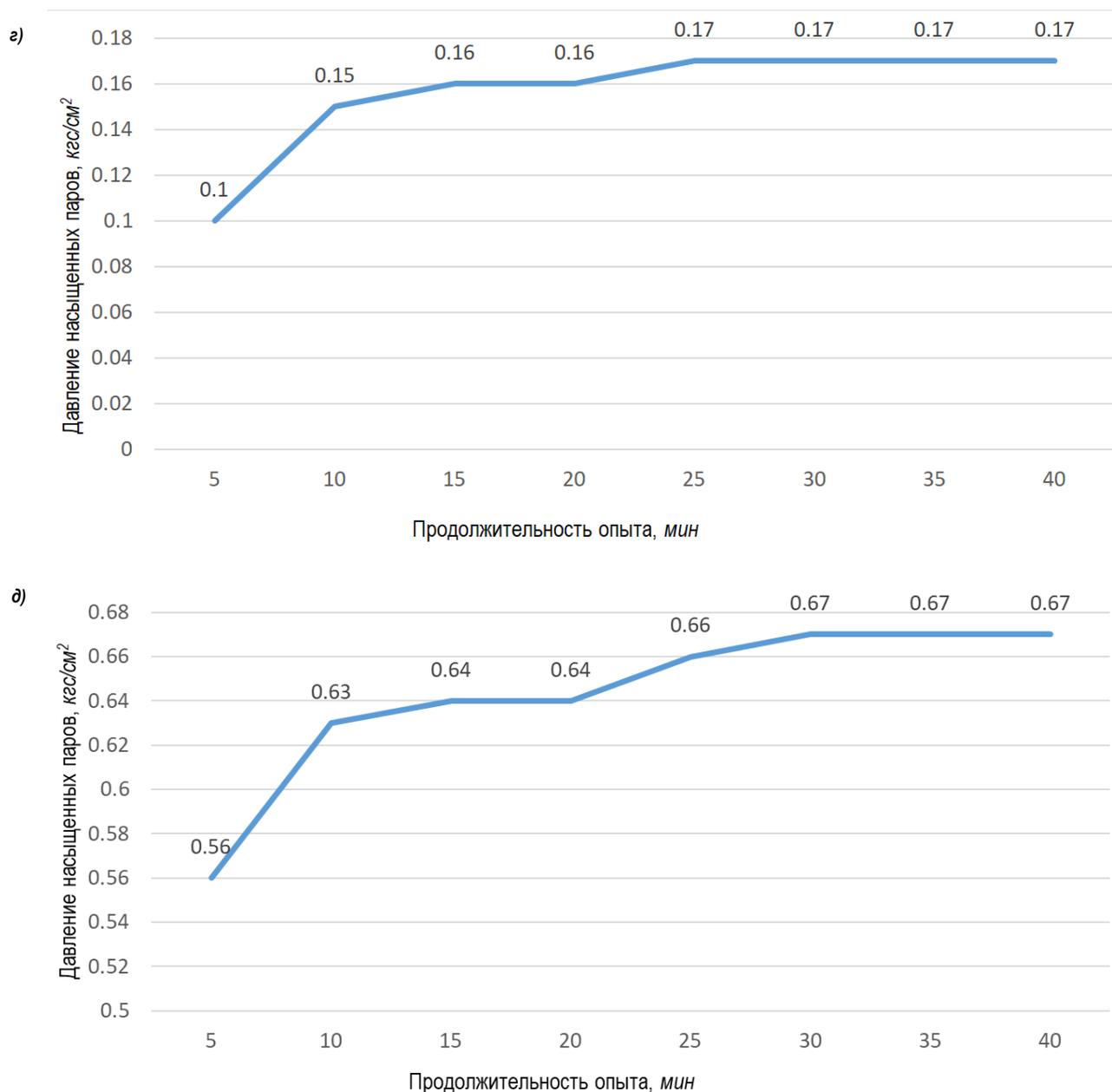
**Рис. 1.** Прибор Бомба-Рейда для определения давления насыщенных паров: 1 – топливная камера; 2 – воздушная камера; 3 – манометр

Таблица 1

Плотность нефти месторождений

№	Месторождение	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
1.	Сель-Рохо (КИМ)	840
2.	Махрам	860
3.	Ниязбек-Северный Каракчикум	830





**Рис. 1. Графики зависимости давления насыщенных паров нефти от продолжительности времени опыта на различных месторождениях:** а – ЦПГСН «Канибадам»; б – скважина № 22 Сельрохо (КИМ); в – скважина № 5 Махрам; г – скважина № 152 Нуязбек – Северный Каракчикум; д – бензин АИ – 92

Другим подходом является метод, основанный на криоскопии и динамическом измерении, где давление насыщенных паров определяют путём анализа изменения температуры замерзания растворённого вещества.

Также применяются современные автоматизированные системы, которые обеспечивают высокую точность и воспроизводимость результатов за счёт использования специализированных датчиков и программного обеспечения [2].

Измерение давления насыщенных паров имеет важное значение в различных областях науки и промышленности. Оно используется для оценки термодинамических свойств веществ, разработки и оптимизации процессов переработки нефти и нефтехимии, а также для контроля качества топлива и других жидких продуктов. В частности, для нефтяной и газовой промышленности это критично, так

как давление насыщенных паров влияет на эффективность процессов транспортировки и хранения углеводородов. В лабораторных условиях эти данные помогают определить состав и чистоту веществ, что важно для разработки новых химических продуктов и материалов. Одним из способов определения давления насыщенных паров является его определение в специальных бомбах.

Сущность способа определения давления насыщенных паров в бомбах заключается в том, что испытываемую жидкость загружают в прибор той или иной конструкции и нагревают до необходимой температуры. Давление насыщенных паров при данной температуре фиксируется специальным манометром.

Наибольшим распространением пользуется прибор типа Рейда [3], принятый в качестве стандартного также и в ряде других стран (рис. 1). В дальнейшем устройство приняли называть Бомба-Рейда.

Измерение давления насыщенных паров в Бомбе-Рейда является важной методикой для определения термодинамических свойств жидкостей. Бомба-Рейда представляет собой специализированное оборудование, предназначенное для точного измерения давления насыщенных паров в закрытом сосуде.

Этот метод основан на использовании герметично закрытого контейнера, в котором находящаяся жидкость достигает равновесного состояния с паром при заданной температуре.

В Бомбе-Рейда жидкость помещается в герметичный сосуд, который затем нагревается до установленной температуры.

По мере повышения температуры, паровые молекулы начинают активно испаряться из жидкости, создавая давление насыщенных паров. Это давление измеряется с помощью манометра, установленного в сосуде.

Важно, что сосуд должен быть идеально герметичным, чтобы избежать утечек паров и обеспечить точность измерений.

Метод Бомбы-Рейда позволяет получать точные данные о давлении насыщенных паров, что критически важно для различных промышленных и научных применений.

Эти данные используются для оценки термодинамических свойств жидкостей, таких как температура кипения и конденсации, а также для расчёта параметров процессов переработки нефти и нефтехимии. Измерение давления насыщенных паров помогает в разработке новых технологий и материалов, а также в оптимизации существующих процессов [4].

В качестве нефти для определения давления насыщенных паров использовались пробы нефти Северного Таджикистана, в частности центрального пункта сбора нефти (ЦПСН) «Канибадам», скважины № 22 Сель-Рохо (КИМ), скважины № 5 Махрам и скважины № 152 Ниязбек-Северный Каракчikum. В качестве нефтепродукта была взята проба бензина АИ-92.

Следует отметить, что проба нефти из ЦПСН «Канибадам» была товарной нефтью, а со скважин нефтяных месторождений – сырой. Перед исследованием давления насыщенных паров нефти, пробы со скважин проходили этап обезвоживания с использованием дезмульгатора Дисолван – 4411. Показатели плотности нефти приведены в табл. 1.

Все опыты по определению давления насыщенных паров нефти и нефтепродуктов проводились согласно ГОСТ 1756-2000.

По технологии проведения опытов касательно определения давления насыщенных паров производится следующим образом.

В топливную камеру заполняют исследуемое топливо (бензин, нефть и др.) в объёме 135 мл. После, топливная камера герметично присоединяется к воздушной камере устройства. К воздушной камере герметично присоединяется манометр с пределом измерения от 0 до 760 мм. рт. ст. (до 1 кгс/см<sup>2</sup>).

Следует отметить, что при обнаружении пропусков воздуха в соединительных элементах прибора, показатели манометра полностью аннулируются. Исходя из этого, перед погружением, все соединительные элементы следует тщательно проверить на герметичность. Далее прибор в сборном виде погружается в водяную баню (или термостат) в которой поддерживается температура 38,8°С согласно ГОСТ 1756-2000. Для данного исследования использовался Термостат-U10. Перед погружением прибор Бомба-Рейда обязательно следует встряхнуть. После погружения производится отсчёт времени от начала погружения. Через каждые 5 мин, прибор следует вынимать из водяной бани, встряхивать и сразу же погружать обратно. Данная процедура производится с целью получения более точного показания давления, т.к. показатели давления насыщенных паров слишком малы.

Опыт имеет продолжительность до того момента, пока показание на манометре не будет меняться. В среднем один опыт по определению давления насыщенных паров длится 40 мин.

Результаты исследования показаны в графиках (рис. 1).

По результатам исследования выявлено, что давление насыщенных паров нефти месторождения Сель-Рохо (КИМ) составляет 0,16 кгс/см<sup>2</sup> (15,66 кПа), Махрам – 0,14 кгс/см<sup>2</sup> (13,7 кПа), Ниязбек-Северный Каракчikum – 0,17 кгс/см<sup>2</sup> (16,67 кПа). В среднем давление насыщенных паров нефтей составляет 0,15 кгс/см<sup>2</sup> (14,7 кПа).

Давление насыщенных паров бензина марки АИ-92 составила 0,67 кгс/см<sup>2</sup> (65,7 кПа).

Данные опыты проводились с целью дальнейшего исследования снижения потерь лёгких углеводородов при их хранении в резервуарах.

#### Библиографический список:

1. Рыбак Б.М. Анализ нефти и нефтепродуктов, 5-е издание, Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – М: Гостоптехиздат, 1962. – 886 с.
2. Эллис К. Химия углеводородов нефти и их производных. – Т. 1. Пер. с англ. ОНТИ, 1937 г. – 245 с.
3. Рейд В. Научно-популярное издание, Пер. с англ. Национальные нефтяные новости. США, 1928. – С. 20-25.
4. Лымарь В.К., Сидоров В.Г. Анализ нефти и нефтепродуктов. – Т. 1, 4-е изд. – Азербайджан: Азнефтеиздат, 1947. – 212 с.

## АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ЗАБОЙКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ



**Умаров Ф.Я.,**  
директор  
АФ НИТУ «МИСИС»,  
д.т.н., профессор



**Заирова Ф.Ю.,**  
инженер  
ИЦВНТ Департамента инновационного  
развития АО «НГМК»



**Эргашев Н.Х.,**  
заместитель начальника  
Производственно-технического  
отдела рудника «Ауминзо-Амантой»  
Центрального РУ АО «НГМК»

*Maqola optimal parametrlarni baholash va quduqlarda portlovchi moddalardan samarali foydalanish bo'yicha eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilishga bag'ishlangan. Tadqiqot doirasida portlovchi moddaning turi, yotqizish chuqurligi va burg'ulash sharoitlari kabi turli parametrlarning har tomonlama tahlili o'tkazildi. Eksperimental ma'lumotlar portlash jarayonini optimallashtirish, potentsial xavflarni minimallashtirish va samaradorlikni oshirish uchun model yaratish uchun ishlatilgan. Taqdim etilgan natijalar portlovchi moddalardan foydalanish usullarini takomillashtirishga yordam beradi, tog'li muhitda operatsiyalarni yanada aniq va xavfsiz bajarishni ta'minlaydi.*

**Tayanch iboralar:** to'xtash materiali, bog'liqlik, to'xtashning nisbiy uzunligi, zaryadlash bo'shlig'ining yopilish vaqti, portlovchi moddaning solishtirma iste'moli, to'xtatuvchi materialning kuchi, uzunligi, eksperimental ma'lumotlar.

*Статья посвящена оценке оптимальных параметров и анализу экспериментальных данных для эффективного применения взрывчатых веществ в скважинах. В рамках исследования проведён комплексный анализ различных параметров, таких как тип взрывчатого вещества, глубина закладки и условия бурения. Используются экспериментальные данные для создания модели, позволяющей оптимизировать процесс взрыва, минимизируя потенциальные риски и повышая эффективность. Представленные результаты помогут в улучшении методов применения взрывчатых веществ, обеспечивая более точное и безопасное выполнение операций в горных условиях.*

**Опорные слова:** материал забойки, зависимость, относительная длина забойки, время замкнутости зарядной полости, удельный расход взрывчатого вещества, прочность материала забойки, длина, экспериментальные данные.

Чтобы забойка была эффективной, материал должен обладать достаточной прочностью, чтобы выдержать взрыв и обеспечить замкнутость зарядной полости на время, необходимое для разрушения горных пород. Величина забойки и её влияние на боковые удельные импульсы при взрыве цилиндрического заряда в скважине исследуются теоретически [1]. По волновой теории, если масса забойки в два раза больше массы заряда ВВ, то боковой импульс взрыва будет таким же, как при полном заполнении скважины ВВ. Однако при наличии забойки распределение удельных импульсов будет более благоприятным. Поэтому, согласно [1], при плотности забойки вдвое большей плотности ВВ, длина заряда и длина забойки должны быть равны. Ф.А. Баум [2] показал, что заряд с воздушными промежутками, эквивалентный сплошному заряду, но с большей длиной и в три раза меньшей плотностью, позволяет уменьшить массу и длину забойки пропорционально. Обобщение и анализ существующих подходов к расчёту оптимальной длины забойки позволяет разделить их на три группы.

К первой группе можно отнести упрощённые зависимости, не учитывающие влияния диаметра зарядов. Так, например, автором работы [3] предложена зависимость вида:

$$l_z \geq l_{C_{p3}} / D, \quad (1)$$

где  $C_{p3}$  – скорость звука в материале забойки, м/с;  
 $D$  – скорость детонации ВВ, м/с.

Аналогичного вида зависимость для расчёта длины гидрозабойки получена в работе [4]:

$$l_z = k l \rho_{вв} / \rho_z, \quad (2)$$

где  $\rho_{вв}$  и  $\rho_z$  – плотность ВВ и забойки соответственно, кг/м<sup>3</sup>.

Зависимости рассмотренного вида обеспечивают в ряде случаев приемлемую сходимость расчётных и опытно-промышленных данных. Это связано с тем, что они учитывают влияние, оказываемое на длину забойки, тип применяемых ВВ и свойства материала забоек. Для этого используются надёжно и достаточно просто определяемые  $r_{вв}$  и  $r_z$  или связанные с ними  $C_{p3}$  и  $D$ .

Вместе с тем, оценка сопротивляемости забойки действию лишь со значением  $C_{p3}$  или  $r_z$  недостаточна [3]. Выше указанные зависимости не учитывают влияния факторов, увеличивающих сопротивляемость забойки выталкиванию её при переуплотнении у бокового распора в скважине. Кроме того, не учитывается направление иницирования.

Многофакторные зависимости формируют вторую группу формул для расчёта относительной длины забойки. Хотя результаты экспериментов ограничены, и расчёты усложнены, их можно обобщить на более широкий диапазон, несмотря на малую практическую применимость [5]. Действительно, окончательный вид формулы для определения оптимальной длины забойки:

$$l_z = \beta^3 \sqrt{\frac{Pd(Dt_p \pm l)^2}{D\gamma_3}} \sqrt[6]{\frac{P}{\tau_{TP}}} \quad (3)$$

свидетельствует о том, что расчёт длины забойки поставлен в зависимости от трудно и ненадёжно определяемых на практике

параметров, таких как:  $t_p$  – время разрушения массива горных пород;  $P$  – среднее значение давления продуктов детонации зарядной камеры;  $\tau_{TP}$  – интенсивность сил внутреннего трения забоечного материала.

При прямом инициировании  $Dt_p + l$ , а при обратном  $Dt_p - l$ . Однако, величиной  $l$  ввиду её малости по сравнению с  $Dt_p$  можно пренебречь, что приводит к упрощению формулы (3), а с другой стороны свидетельствует об отсутствии практического влияния направления инициирования скважинных зарядов на длину забойки, что не соответствует действительности.

Друкованным М.Ф. и др. [6] на основании теоретического анализа поведения забойки в зарядной камере была получена формула для расчёта относительной длины забойки, аналогичная по форме и содержанию уравнению (3):

$$l_3 = \left( 2WC_p^{-1} + WC_{mp}^{-1} - kvfP_0V(P_a(1-\theta)d^3)^{-1} \right)^2 P_0I(\rho_3(t_{ck}^2 - l^2))^{-1} \quad (4)$$

Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что диаметр заряда сопоставляемой формулы входит в степени  $d^{1/2}$  и  $d^3$  соответственно, что противоречит практике взрывных работ подразумевающей, что  $l_3 \approx d$ .

К третьей группе зависимостей, косвенно учитывающих диаметр скважин, можно отнести формулу [7]:

$$l_3 = 2 \left( 1 - 2/3([\delta_p] P_{no}^{-1})^{1/6} \right) d_1 \quad (5)$$

где  $[\delta_p]$  – предел прочности породы на растяжение, Па;  
 $d_1$  – линия наименьшего сопротивления, м.

Достоинство зависимости (5) в том, что длина забойки определяется независимо от длины заряда, однако не отражено влияние свойств материала забойки. Для определения закономерности движения забойки предполагается, что забойка работает как неуплотняемый жесткий пыж, не имеющий трения о стенки скважины; тогда работу газов  $E_x$  до некоторого момента движения забойки  $L_x$  в этот момент  $E_x=L_x$  определяют по следующей формуле:

$$E_x = \int_{v_x}^{v_x} P_x dV_x = \frac{P_g V_g}{k-1} \left( 1 - \left( \frac{v_x}{v_g} \right)^{1-k} \right), \text{ кДж.} \quad (6)$$

где  $P_x$  – давление взрывных газов;

$V_x = \pi a^2 x$  – объём взрывных газов;

$V_g$  – начальный объём взрывных газов;

$k$  – показатель политропы.

$$L_x = 0,5MV^2$$

При  $k=3$  и  $x_0=1$ :

$$x = \sqrt{x_0^2 + \frac{P_g V_g}{M} \tau^2}$$

Достоинством данного подхода является упрощенный вид х-т диаграммы вылета забойки, который, тем не менее, не учитывает эффект трения и внутреннего сцепления материала забойки. Не трудно представить, что давление в скважине и энергия волн напряжений могут быть максимальными только в случае, если детонация всего заряда завершится в условиях закрытой камеры [8]. Исследования [9] показали, что при расчёте длины забойки силами внутреннего сцепления можно пренебречь, а учитывая только массу забойки и величину сил внутреннего трения таким образом, величину скорости вылета можно определить, пользуясь следующим соотношением:

$$V = 2,9 \sqrt{d(\gamma_r l_3)^{-1} P_{cp}^3 \tau^{-1}} \quad (7)$$

где  $\gamma_r$  – объемный вес всего материала забойки,  $Н/м^3$ ;

$d$  – диаметр шпура, м;

$P_{cp} = 0,5P_{max}$ ;

$\tau$  – величина сил внутреннего трения забоечного материала на единицу площади сдвига забойки,  $Н/м^2$ .

По мнению авторов [9] разрушение породы в области расположения заряда начинается с момента прохода по забойке ударных волн и продолжается под действием статического давления продуктов детонации при  $t_{es} = t_d$ . При этом не учитывается динамика истечения продуктов детонации и соответствующее снижение давления в полости.

Проведенные исследования указывают на важное значение материала забойки. Опытные взрывы проведённые в Монтлюккон [10] со шпурами одинаковой глубины, заряженные по 150 г предохранительного динамита при длине забойки 60 см, показали, что глиняная забойка выброшена в виде неразрушенного цилиндрика на 45 см, в то время как песок, неповрежденный взрывом на длине 27 см, претерпел на протяжении 33 см большое сжимающее усилие и сократился в длине до 18 см.

Наибольшее сопротивление действию взрыва оказывает песок с пробкой из гипса; далее в убывающем порядке: сухой измельченный сланец, смесь песка и извести, известковая пыль, влажный песок, смесь песка и глины с влажностью 7%, смесь песка и извести, глина 7% влаги, смесь песка и глины с влажностью 12% и влажная глина. Повышенная эффективность сыпучих материалов забойки обусловлена высокой величиной их внутреннего трения.

Влияние массы забойки и величины внутреннего трения на эффективность действия взрыва показали экспериментальные исследования ИГД СО АН РФ: заряды аммонита № 6 весом 0,8 кг и длиной 65 см в шпурах диаметром 45 мм и глубиной 1 м образовывали различные воронки зависимости от вида забойки (табл. 1). Как видно из табл. 1, благодаря внутреннему трению чугунная дробь при одинаковой массе оказалась почти вдвое более эффективней по сравнению с забойкой в виде сплошного стального стержня.

Убедительные результаты экспериментов, поставленных на карьере известняка приведены авторами [11]. Вертикальные шпуры глубиной от 1,8 до 2 м были расположены при одинаковых условиях и одинаково заряжены. В одних шпурах была применена песчаная забойка длиной 60 см, в других – глиняная той же длины, в третьих водяная на длину 120 см; на устьях шпуров были тяжелые камни; эти камни были подброшены на высоту 15 м при глиняной и 30 м при водной забойке, но только опрокинутой (без подброса) при песчаной.

Исследования авторов [12], проведённые, при прочих равных условиях, с зарядами убывающей с 80 до 40 кг величины, показали, что только при наименьшей величине заряда сказались влияние песчано-глинистой забойки (полное преодоление сопротивления по подошве при наличии забойки и пороге при её отсутствии). При весе зарядов свыше 50 кг, т.е. при заведомом излишке энергии взрыва, отличия в действии взрыва практически не отмечались. Излишек энергии заряда ВВ нашёл подтверждение и в том, что максимальный разлет кусков на 200 м при зарядах весом 80 кг (одинаковым при наличии забойки и без неё) полностью устранён при зарядах весом 40 кг с забойкой; соответственно ширина развала уменьшалась с 18 до 7-8 м; однако отсутствие при взрывании такого же заряда весом 40 кг уменьшило ширину развала до 4-5 м, хотя разлёт кусков (т.е. проявление без полезной даже вредной затраты энергии) достиг в этом случае 30-40 м.

Таблица 1  
Параметры гранулированной и сплошной забоек

Материал забойки	Длина забойки в диаметрах шпура	Вес забойки, кг	Относительный объем воронки
Глина	9	1,05	1
Чугунная дробь	3	1,13	2
Чугунная дробь	7,6	2,6	2,8
Стальной стержень	6,7	2,58	1,6

Показатели взрыва при применении различного вида забоек

Показатели	Без забойки	Песчано-глинистая забойка	Бетонная забойка
Количество опытов	8	8	23
Длина забойки, м	–	0,5	0,5
Средний диаметр образованной полости, мм	41	43	112
Средний объём полости, см <sup>3</sup>	720	1050	21200
Средний удельный расход ВВ, г/см <sup>3</sup>	1,94	1,35	0,066

Исследования авторов [13] показали, что замена сплошных зарядов ВВ, заполняющих скважины на всю глубину, зарядами, рассредоточенными воздушными промежутками, с забойкой снизила удельный расход ВВ при одновременном улучшении дробления.

На Криворожском железорудном бассейне при отбойке руды взрыванием зарядов в вертикальных веерных скважинах аналогичный метод позволил уменьшить величину зарядов на 15-28% при одновременном повышении степени дробления руды. На Маинском руднике при проходке выработок по породам с коэффициентом крепости  $f = 12-14$  замена сплошных зарядов рассредоточенными с воздушными промежутками и забойкой позволило снизить среднегодовой удельный расход ВВ на 27% [14]. На шахте им. Губкина комбината КМАруда аналогичная замена сплошных зарядов в скважинах при отбойке руды ( $f = 16-18$ ) снизила удельный расход ВВ на 15,5% при первичном и на 22,5% при вторичном взрывании [15].

Исследования [16], проведенные на марганцевых рудниках, показали, что по сравнению с взрывами без забойки применение песчано-глинистой забойки, забойки из деревянных и бетонных саморасклинивающих пробок снизило на 14% трудоёмкость и на 15,5% себестоимость выемки руды.

Экспериментальные исследования [17] показали, что время вылета песчано-глинистой забойки из скважины диаметром 230-260 мм при взрыве зарядов весом 132 кг составляло 27 мс, а при рассредоточении воздушными промежутками даже при большем весе заряда (208 кг) – 39 мс. Такая продолжительность сохранения замкнутости зарядной полости обеспечивает достаточную для наибольшего в этих условиях разрушения горных пород длительность взрывного импульса и соответствующее улучшение использования энергии взрыва в больших объёмах породы.

Исследования, выполненные с помощью скоростной киносъёмки показали, что при взрывании зарядов весом 0,6 кг ПЖВ-20 в шпурах диаметром 45 мм и глубиной 1,5 м при равенстве длины забойки и заряда, глиняная забойка полностью вылетала из шпура через 6-8 мс, а песчаная – через 9,4 мс с момента инициирования заряда. Венгерский ученый И. Кота, применив щебёночную забойку с водным заполнением промежутков между её зернами, установил сохранение высокого давления в зарядной полости в течении 21 мс [18]. Даже при наихудших видах забоечного материала в случае взрывания зарядов в вертикальных шпурах время вылета забойки длиной 20 см из тонкого песка (0-0,6) составило 3 мс и возросло до 6 мс при увеличении длины забойки из того же материала до 60 см.

Заслуживают особого внимания изыскания видов забойки, обладающих более высокой сопротивляемостью и способных ещё более повысить замкнутость зарядной полости.

В США на гипсовых рудниках широко применяют быстротвердеющую гипсовую забойку, нагнетая в скважины тестообразную массу получаемую смешиванием 9 частей гипса с 4 частями воды, в резиновых контейнерах [10]. На руднике «КАЗ» по породам с коэффи-

циентом крепости  $f=14-16$  применена быстротвердеющая бетонная забойка на гипсоглинозёмистом расширяющемся цементе состава 1:2 (водоцементный фактор 0,15). Взрывание производилось через 45-60 мин после заряжания. Предварительные опыты с одиночными шпурами диаметром 36 мм и глубиной 2,4 м показали высокую эффективность этого вида (табл. 1-2).

Обобщение различных подходов к расчёту оптимальной длины забойки показывает:

- теоретические оценки влияния забойки на разрушение породы взрывом не всегда учитывают реальное формирование полей напряжений и процессы разрушения;
- в расчетах длины забойки часто не учитываются такие важные факторы, как свойства забойки, её распор и переуплотнение, влияние направления инициирования, длина заряда, давление продуктов детонации и его изменение;
- приведённые формулы для расчёта длины забойки обеспечивают приемлемую точность для практических условий, однако обобщённые соотношения, основанные на многофакторных экспериментах, часто громоздки и игнорируют влияние отдельных факторов.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований позволяют сформулировать следующие выводы:

- применение забойки позволяет существенно повысить эффективность разрушения пород взрывом скважинных зарядов, причем влияние забойки существенно зависит от её длины, гранулометрического и минерального состава, плотности, прочности зёрен, прочности сцепления с массивом;
- наибольшая эффективность взрыва скважинных зарядов ВВ достигается при цементации устья скважин, но такая забойка не технологична и не экономична. Аналогом такого вида забойки является взрывная запрессовка устьев скважин взрывом небольших зарядов в соседней скважине. Этот вид забойки технологичен и позволяет снизить объём буровзрывных работ. В этом случае может быть достигнута прочность забойки в устье скважины близкая к прочности массива..

Анализ теоретических и экспериментальных исследований влияния забойки на эффективность разрушения пород взрывом скважинных зарядов позволил сформулировать следующие выводы:

- до настоящего времени не существует обобщённой теории влияния параметров забойки, её движения и истечения продуктов детонации на эффективность взрыва скважинного заряда ВВ;
- теоретическая оценка влияния забойки на эффективность разрушения породы взрывом никак не связана с формированием полей напряжений и процессами разрушения пород взрывами зарядов ВВ;
- нет чёткого представления забойки и их взаимосвязи с формированием полей квазистатических напряжений в породе, разрушаемой взрывом; – выбирая взрывную запрессовку устьев скважин в качестве перспективной, необходимо установить параметры взаимного расположения скважин.

#### Библиографический список:

1. Баум Ф.А., Григорян С.С., Санасарян Н.С. Определение импульсов взрыва вдоль образующей скважины и оптимальных параметров скважинного заряда. – В сб.: Взрывное дело. – № 54/11. – М.: Недра, 1994. – С. 106-115.

2. Баум Ф.А. К вопросу оценки эффективности действия зарядов с воздушными промежутками. – В сб.: Взрывное дело. – № 54/11. – М.: Недра, 1994. – С. 115-120.
3. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. – М.: Недра, 1996. – 271 с.
4. Левчик С.П., Массаев Ю.А. Влияние водяной забойки на разрушение горных пород взрывом. – В сб.: Взрывное дело. – М.: Недра, 1993. – С. 124-130.
5. Тарасенко В.П. Физико-технические основы управления параметрами скважинных зарядов при открытых горных работах. Дисс. ... докт. техн. наук. – М.: МГИ, 1993. – 302 с.
6. Друкованный М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах. – М.: Недра, 1993. – 416 с.
7. Данилин О.П., Дерзян А.С., Швец А.А. Опыт применения ярусного вруба на проходку горизонтальной выработки // Информационный листок НИГРИ. – № 16. – Кривой Рог, 1993. – С. 2-5.
8. Асанов В.А., Демчук Н.А., Кузнецова Д.С. Определение оптимальной длины песчано-глинистой забойки шпуров. – В сб.: Взрывное дело. – № 55/12. – М.: Недра, 1994. – С. 60-68.
9. Горинов С. А., Норов Ю. Д., Тухташев А. Б. Оценка эффективности активной забойки // Горное дело. – № 6. – Москва, 1994. – С. 246-252.
10. Stassen P., H van Dusye. Bourrage des fourneaux de mine. Explosist, XIV, 2001. No. 1, pp. 56-58.
11. Акаев М.С. Влияние прочности материала забойки на эффективность взрыва. – В сб.: «Новое в теории и технологии разработки рудных месторождений». – М.: Недра, 1994. – С. 54-67.
12. Сумин И.П., Гордеев П.А., Зольников В.В. Исследование влияния длины забойки из степень дробления массы взрывом скважинных зарядов. – В сб.: «Взрывное дело». – М.: Недра, 1994. – №54/11. – С. 97-101.
13. Сб.: «Совершенствование буровзрывных работ». – М.: Госгортехиздат, 1999. – 311 с.
14. Мельников Н.В., Мерченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: Недра, 1994. – 245 с.
15. Информационное письмо о научно-техническом совещании, проведенном 21-22 января 1994 г. – Изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1994. – 25 с.
16. Баршвили Г.А. Эффективность применения забойки шпуров на рудниках треста Чиатурмарганец. – Бюллетень черной металлургии, 1997. – № 7. – С. 37-42.
17. Друкованный М.Ф., Комир В.М., Литвин Л.Н. Влияние воздушного промежутка в заряде на скорость вылета забойки из скважин и временные характеристики взрывного импульса. – В сб. «Взрывное дело». – М.: Недра, 1994. – № 54/11. – С. 85-96.
18. Демидюк Г.П. Современные теоретические представления о действии взрыва в среде. – В сб.: «Буровзрывные работы в горной промышленности». – М.: Госгортехиздат, 1992. – 213 с.

«GORNII VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, No. 3 (98), pp 18-21

## ANALYSIS OF RESEARCH ON THE INFLUENCE OF STEMMING ON THE EFFICIENCY OF ROCK BLASTING

<sup>1</sup>Umarov F. Ya., Director, Doctor of Technical Sciences, Professor.

<sup>2</sup>Zairova F. Yu., Engineer, ICINT, Department of Innovative Development.

<sup>3</sup>Ergashev N. Kh., Deputy Head of the Production and Technical Department of the «Auminzo-Amantoy» Mine.

<sup>1</sup>Almalyk Branch of the National University of Science and Technology «MISiS». Almalyk, Uzbekistan.

<sup>2</sup>JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company». Navoi, Uzbekistan.

<sup>3</sup>Central Mining Administration of JSC «NMMC».

This article focuses on evaluating optimal parameters and analyzing experimental data for the effective use of explosives in boreholes. The research involves a comprehensive analysis of various parameters, such as the type of explosive, stemming depth, and drilling conditions. Experimental data is used to create a model that allows for the optimization of the blasting process, minimizing potential risks and increasing efficiency. The presented results will help improve the methods of using explosives, ensuring more accurate and safe execution of operations in mining environments.

**Keywords:** stemming material, relationship, relative stemming length, charge chamber confinement time, specific explosive consumption, stemming material strength, length, experimental data.

### Bibliographic list:

1. Baum F.A., Grigoryan S.S., Sanasaryan H.S. Determination of explosion pulses along the generatrix of the borehole and optimal parameters of the borehole charge. – In the collection: Vzryvnoye delo. – No. 54/11. – М.: Nedra, 1994. – pp. 106-115.
2. Baum F.A. On the issue of assessing the effectiveness of charges with air gaps. – In the collection: Vzryvnoye delo. – No. 54/11. – М.: Nedra, 1994, hh. 115-120.
3. Mosinets V.N. Crushing and seismic effect of explosion in rocks. – М.: Nedra, 1996. – 271 p.
4. Levchik S.P., Massaev Yu.A. The influence of water driving on the destruction of rocks by explosion. – In the collection: Vzryvnoye delo. – М.: Nedra, 1993, pp. 124-130.
5. Tarasenko V.P. Physical and technical basis for controlling the parameters of borehole charges during open-pit mining. Diss. ... doc. tech. Sci. – М.: MGI, 1993. – 302 p.
6. Drukovanny M.F. Methods for controlling explosions in quarries. – М.: Nedra, 1993. – 416 p.
7. Danilin O.P., Derzyan A.S., Shvets A.A. Experience of using a tiered cut for driving horizontal workings // NIGRI Information Sheet. – No. 16. – Krivoy Rog, 1993, pp. 2-5.
8. Asanov V.A., Demchuk N.A., Kuznetsova D.S. Determination of the optimal length of sandy-clayey borings. – In the collection: Vzryvnoye delo. – No. 55/12. – М.: Nedra, 1994, pp. 60-68.
9. Gorinov S. A., Norov Yu. D., Tukhtashev A. B. Assessment of the effectiveness of active mining. – Gornoye delo. – No. 6. – Moscow, 1994, pp. 246-252.
10. Stassen P., H van Dusye. Bourrage des fourneaux de mine. Explosist, XIV, 2001. No. 1, pp. 56-58.
11. Akaev M.S. The influence of the strength of the stopping material on the efficiency of the explosion. – In the collection: «New in the theory and technology of ore deposit development». – М.: Nedra, 1994, pp. 54-67.
12. Sumin I.P., Gordeev P.A., Zolnikov V.V. Study of the influence of the length of the slope on the degree of crushing of the mass by the explosion of borehole charges. – In the collection: «Explosions». – М.: Nedra, 1994. – No. 54/11, pp. 97-101.
13. Collection: «Improving drilling and blasting operations». – М.: Gosgortekhzdat, 1999. – 311 p.
14. Melnikov N.V., Merchenko L.N. Explosion energy and charge design. – М.: Nedra, 1994. – 245 p.
15. Information letter about the scientific and technical meeting held on January 21-22, 1994 – Ed. IGD im. A.A. Skochinsky, 1994. – 25 p.
16. Barishvili G.A. Efficiency of using hole-stopping in the mines of the Chiaturmanganets trust. – Byulleten' chernoy metallurgii, 1997. – No. 7, pp. 37-42.
17. Drukovanny M.F., Komir V.M., Litvin L.N. The influence of the air gap in the charge on the speed of the removal of the stem from the wells and the time characteristics of the explosive impulse. – On Sat. «Explosive Case». – М.: Nedra, 1994. – No. 54/11, pp. 85-96.
18. Demidyuk G.P. Modern theoretical ideas about the action of an explosion in the environment. – In the collection: «Drilling and blasting in the mining industry». – М.: Gosgortekhzdat, 1992. – 213 p.

## BOBOTOG' MISLI QUMTOSH MA'DANLARINI FLOTATSION USULDA BOYUVCHANLIGINI TADQIQ QILISH



**Raxmanov I.YU.,**  
Geologiya fanlari universiteti «Mineral resurslar instituti» DM Olmaliq TSTM mudiri



**Abduraxmanov S.A.,**  
I. Karimov nomli TDTU «Metallurgiya» kafedrası professori, t.f.d.



**Axmedov M.SH.,**  
Geologiya fanlari universiteti «Mineral resurslar instituti» DM Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari v.b.

Ushbu maqolada Bobotog' misli qumtosh ma'danlarini flotatsion boyitish bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Mineralogik tahlillarga ko'ra misli qumtosh ma'dani boyitilishi qiyin bo'lgan oksidlangan va aralash mis ma'dani hisoblanadi. Ushbu ma'danni flotatsion boyitilishini tadqiq qilish maqsadida laboratoriya sharoitida sulfidlash-flotatsiya va to'g'ridan-to'g'ri oksidli flotatsiya jarayonlar olib borildi. Bunda sulfidizator sifatida elementar oltingurgut va natriy sulfididan hamda oksidli flotatsiya jarayonida yig'uvchi sifatida oksidril yig'uvchi olein kislotasidan foydalanildi. Shuningdek sulfidlash-flotatsiya bo'yicha o'tkazilgan tajriba mahsulotlari mineralogik tahlil qilindi.

**Tayanch iboralar:** misli qumtosh, sulfidatsion flotatsiya, elementar oltingurgut, natriy sulfidi, oksidli flotatsiya, olein kislotasi, kumush, mis, minerallar.

В данной статье представлены результаты исследования по флотационному обогащению руд медистого песчанника Бабатаг. Согласно минералогическому анализу, медистый песчанник представляет собой окисленную и смешанную труднообогащаемую медную руду. Для исследования этой руды методом флотационного обогащения в лабораторных условиях были проведены процессы сульфидизация-флотация и прямая окисленная флотация. При этом элементарная сера и сульфид натрия использовались в качестве сульфидизаторов, а олеиновая кислота, оксидрильный собиратель, использовалась в качестве собирателя в процессе оксидной флотации. Также был проведен минералогический анализ продуктов эксперимента по сульфидизации-флотации.

**Ключевые слова:** медистый песчанник, сульфидизационная флотация, элементарная сера, сульфид натрия, оксидная флотация, олеиновая кислота, серебро, медь, минералы.

So'nggi yillarda Respublikamizda tog'-kon sanoat korxonalarining ishlab chiqarish quvvatlarini oshirish maqsadida mineral-xomashyo bazasidan foydalanish va qayta ishlash samaradorligini oshirish, investitsiyalarni faol jalb etish bo'yicha tizimli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Hususan «O'zbekiston-2030» taraqqiyot strategiyasining 47-maqsadida ham mis ishlab chiqarish hajmini 3,5 baravar oshirilishi nazarda tutilgan [1]. Bundan tashqari jaxon bozorida misga bo'lgan talabni ortib borishi dekarbonizatsiya (uglerodli yoqilg'ilar yonishidan

hosil bo'ladigan issiqxona gazi chiqindilarini kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlar majmui) bilan bog'liqdir. Kelgusi o'n yillikda elektr energiyasi ishlab chiqarish, elektr transport vositalaridan foydalanish va elektr energiyasini saqlash sohalarida mis iste'moli taxminan 4,6 million tonnaga etishi va shu davrda mis iste'moli 7,0 million tonnaga oshishi taxmin qilinmoqda [2, 10].

Yuqorida aytib o'tilgan ushbu vazifalarni bajarishda, ya'ni Respublikamizda mis ishlab chiqarish sanoatini rivojlantirish nuqtai nazaridan istiqboli yo'nalishlaridan biri bu umumiy mis zahirasi 525,6 ming tonna bo'lgan Bobotog' misli qumtoshlarini (qumning jipslanishidan hosil bo'lgan tog' jinsi) tadqiq qilishdir [3].

Inson misdan boshqa metallarga qaraganda ancha oldin foydalana boshlagan, chunki uni qayta ishlash nisbatan oson bo'lgan. Er qobig'ida misning miqdori kam (0,01 mas.%) lekin u boshqa metallarga nisbatan tug'ma holatda ko'p uchraydi va bu tug'ma holatdagi mis muhim ahamiyatga egadir [4]. Mis odatda sulfid, oksid yoki karbonat holatda bo'ladi. Misning asosiy minerallari bular: xalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), xalkotsit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), kuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) va malaxitdir ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ).

Misga boy asosiy konlar allaqachon qayta ishlab bo'lingan. Bugungi kunda mis, tarkibida 1% dan kam mis bo'lgan past navli ma'danlarni qayta ishlash orqali olinadi. Qayta ishlash texnologiyasi ma'danning tarkibi ko'ra belgilanadi, oksidlangan va aralash mis ma'danlarini boyitish paytida misning asosiy yo'qotilishi oksidlangan va aralash minerallar bilan bog'liqdir. Boyitilishi qiyin bo'lgan oksidlangan va aralash mis minerallarining yo'qotilishini kamaytirish boyitish ko'rsatkichini oshirishga imkon beradi.



1-rasm. Bobotog' misli qumtosh ma'dani

Duyonda mis ishlab chiqarish sanoati doimiy ravishda o'sib bormoqda, bu uning elektronika, aloqa, mashinasozlik, qurilish va iste'mol tovarlari ishlab chiqarishda qo'llanilishining ko'payishi bilan bog'liqdir. Xalqaro misni o'rganish guruhining International Copper Study Group (ICSG) ma'lumotiga ko'ra 1900 yilda dunyoda birlamchi mis ishlab chiqarish atigi 495 ming tonnani tashkil etgan bo'lsa bu ko'rsatkich 1997 yilda 11526 ming tonnani, 2022 yilda 21462 ming tonnani tashkil etdi. Bunda birlamchi mis ishlab chiqarish yiliga 1900 yildan 1960 yilgacha bo'lgan davrda 3,2% ga, 1960 yildan 1970 yilgacha 3,4% ga,



2-rasm. Sulfidli flotatsiya

1970-yillarda 2,6% ga, 1980-yillarda 2,2% ga, 1990-yillarda 3,1% ga va 2000-yillarda 2,3% ga o'sdi. Mis ma'dani va boyitmalarini dunyodagi asosiy etkazib beruvchisi CHili davlati bo'lib u an'anaviy ravishda dunyodagi mis ishlab chiqarishdagi o'z ulushini 1978 yilda 13% dan 29% gacha va 1997 yil va 2015 yili 30% gacha oshirdi. CHili Davlat mis komissiyasi (Cochilco) hisob-kitoblariga ko'ra, 2023 yilda 5400 ming tonna atrofida mis ishlab chiqarishi ko'zda tutilgan. Afrika mamlakatlari esa aksincha mis ishlab chiqarishni kamaytirgan [11, 12].

### Misli qumtosh ma'danini sulfidizatsion flotatsiyalash.

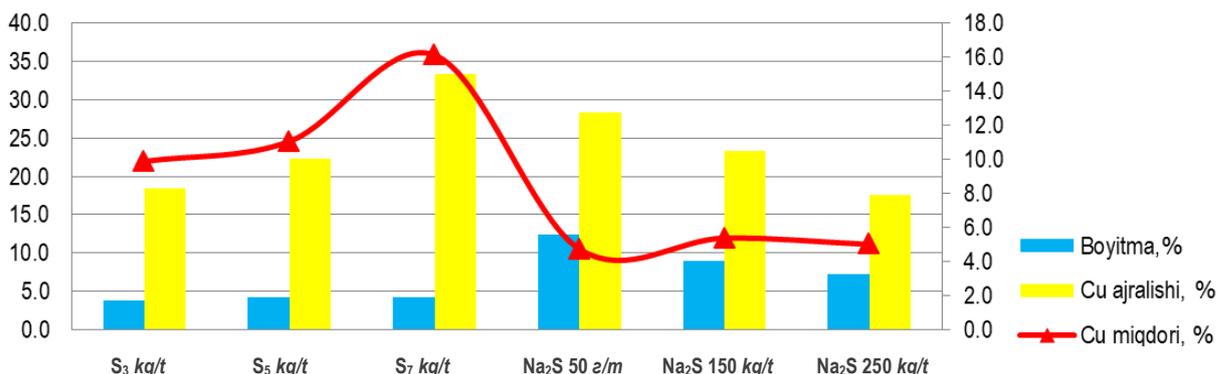
Flotatsion boyitish usuli ma'danli va ma'dansiz minerallarining fizik-kimyoviy xossalari farqiga asoslangan jarayondir. Bo'tanani aeratsiya (havo bilan to'yintirish) paytida gidrofob (suv bilan namlanmaydigan) minerallarning zarralari havo pufakchalariga yopishadi va minerallashgan ko'pik (boyitma) hosil qilib bo'tana yuzasiga ko'tariladi. Namlanadigan (gidrofil) minerallarning zarralari bo'tanada qoladi. Shu tarzda gidrofobli va gidrofilli minerallar ajratiladi; bu yerda minerallarning solishtirma og'irligi ahamiyat kasb etmaydi; suv bilan namlanmaydigan har qanday og'ir va engil minerallar boyitilishi mumkin. Shu sababdan, dastlab Bobotog'ning Duxona hududidan olingan misli qumtosh ma'danining mineralogik tarkibi o'rganildi. Unga ko'ra, misli qumtosh ma'danida asosiy ma'dan hosil qiluvchi minerallar bu aurokuprit, akantit, pirit, arsenopirit, xalkopirit, galenit, sfalerit, xalkozin, kovellin, xalkantit, malaxit, gyotit va gidrogyotitlardir.

Asosiy jins hosil qiluvchi minerallar esa kvars, plagioklaz, karbonatlar (kalsit, ankerit, siderit) va kam miqdorda seritsit va xloritlardir. Maydalanmagan Bobotog' misli qumtosh ma'danini ko'rinishi 1-rasmda keltirilgan.

1-jadval

Bobotog' misli qumtosh ma'danini sulfidizatsion flotatsiyalash natijalari

№ t/r	Tajriba	Mahsulot	Ajralish		Miqdori		Boyitmaga ajralish, %	
			gramm	%	Cu, %	Ag, g/t	Cu	Ag
1.	Sulfidlovchi oltingurgut – 3 kg/t	boyitma	38,7	3,87	9,89	29,81	18,40	16,74
2.		oraliq mahsulot	17,1	1,71	3,62	15,02	2,98	3,73
3.		chiqindi	944,2	94,42	1,73	5,80	78,62	79,52
4.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
5.	Sulfidlovchi oltingurgut – 5 kg/t	boyitma	42	4,2	11,06	41,28	22,33	25,16
6.		oraliq mahsulot	13,5	1,35	4,45	11,08	2,89	2,17
7.		chiqindi	944,5	94,45	1,65	5,30	74,78	72,66
8.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
9.	Sulfidlovchi oltingurgut – 7 kg/t	boyitma	43	4,3	16,13	65,17	33,35	40,67
10.		oraliq mahsulot	15,7	1,57	2,90	15,36	2,19	3,50
11.		chiqindi	941,3	94,13	1,42	4,09	64,46	55,83
12.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
13.	Sulfidlovchi Na <sub>2</sub> S – 50 g/t	boyitma	124,5	12,45	4,73	34,67	28,31	62,65
14.		oraliq mahsulot	41	4,1	3,28	15,98	6,47	9,51
15.		chiqindi	834,5	83,45	1,63	2,30	65,23	27,85
16.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
17.	Sulfidlovchi Na <sub>2</sub> S – 150 g/t	boyitma	90,3	9,03	5,38	42,33	23,36	55,48
18.		oraliq mahsulot	52,8	5,28	2,92	12,94	7,41	9,92
19.		chiqindi	856,9	85,69	1,68	2,78	69,23	34,61
20.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
21.	Sulfidlovchi Na <sub>2</sub> S – 250 g/t	boyitma	73	7,3	5,01	48,66	17,58	51,56
22.		oraliq mahsulot	33,9	3,39	3,08	17,32	5,02	8,52
23.		chiqindi	893,1	89,31	1,80	3,08	77,40	39,92
24.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
25.	Sulfidlovchi oltingurgut – 7 kg/t	<b>Boyitma</b>	<b>42,2</b>	<b>4,22</b>	<b>8,01</b>	<b>76,07</b>	<b>16,25</b>	<b>46,59</b>
26.		oraliq mahsulot 1	104	10,4	2,09	6,21	10,45	9,37
27.		oraliq mahsulot 2	38,5	3,85	2,48	12,21	4,59	6,82
28.		chiqindi	815,3	81,53	1,75	3,15	68,71	37,22
29.	Sulfidlovchi Na <sub>2</sub> S – 50 g/t	birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
30.		boyitma	18,2	1,82	14,72	196,24	12,88	51,84
31.		oraliq mahsulot 1	84	8,4	2,28	6,44	9,21	7,85
32.		oraliq mahsulot 2	93,4	9,34	3,15	18,03	14,14	24,44
33.	Sulfidlovchi Na <sub>2</sub> S – 50 g/t	chiqindi	804,4	80,44	1,65	1,36	63,77	15,87
34.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00



3-rasm. Sulfidizatsion flotatsiyalash jarayonida Cu ning holat diagrammasi

2-jadval

Bobotog' misli qumtosh ma'danini oksidli flotatsiya natijalari

№ t/r	Tajriba	Mahsulot	Ajralish		Miqdori		Boyitmaga ajralish, %	
			gramm	%	Cu, %	Ag, g/t	Cu	Ag
1.	Yanchish darajasi 70%; Olein kislotasi – 1,0 kg/t	boyitma	94,5	9,45	10,74	39,06	48,79	53,57
2.		oraliq mahsulot	112,8	11,28	3,29	10,08	17,84	16,50
3.		chiqindi	792,7	79,27	0,88	2,60	33,37	29,92
4.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
5.	Yanchish darajasi 70%; Olein kislotasi – 1,5 kg/t	boyitma	111,3	11,13	8,96	33,44	42,86	48,29
6.		oraliq mahsulot	125	12,5	2,50	7,90	14,77	14,09
7.		chiqindi	763,7	76,37	1,13	3,33	42,37	37,62
8.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
9.	Yanchish darajasi 70%; Olein kislotasi – 2,0 kg/t	boyitma	100,5	10,05	8,84	33,81	55,34	63,89
10.		oraliq mahsulot	40,3	4,03	4,01	16,90	22,86	29,09
11.		chiqindi	859,2	85,92	0,60	0,65	21,80	7,02
12.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
13.	Yanchish darajasi 80%; Olein kislotasi – 1,0 kg/t	boyitma	133,4	13,34	9,23	32,01	59,20	61,98
14.		oraliq mahsulot	149,5	14,95	1,87	5,10	13,44	11,07
15.		chiqindi	717,1	71,71	0,79	2,59	27,37	26,96
16.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
17.	Yanchish darajasi 80%; Olein kislotasi – 1,5 kg/t	boyitma	142,5	14,25	8,53	29,91	58,44	61,86
18.		oraliq mahsulot	134,8	13,48	1,76	4,54	11,41	8,88
19.		chiqindi	722,7	72,27	0,87	2,79	30,16	29,25
20.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
21.	Yanchish darajasi 80%; Olein kislotasi – 2,0 kg/t	boyitma	183,9	18,39	7,24	25,92	64,01	69,18
22.		oraliq mahsulot	122,1	12,21	1,56	4,17	9,16	7,39
23.		chiqindi	694	69,4	0,80	2,33	26,83	23,43
24.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
25.	Yanchish darajasi 70%; Olein kislotasi – 2,0 kg/t	<b>boyitma</b>	<b>239,7</b>	<b>23,97</b>	<b>5,65</b>	<b>19,79</b>	<b>65,11</b>	<b>68,85</b>
26.		oraliq mahsulot	92,2	9,22	1,42	5,16	6,29	6,90
27.		chiqindi	668,1	66,81	0,89	2,50	28,60	24,24
28.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00
29.	Yanchish darajasi 80%; Olein kislotasi – 2,0 kg/t	boyitma	219,5	21,95	6,00	20,20	63,32	64,35
30.		oraliq mahsulot	93,5	9,35	1,37	4,43	6,16	6,01
31.		chiqindi	687	68,7	0,92	2,97	30,53	29,63
32.		birlamchi namuna	1000	100	2,08	6,89	100,00	100,00

Misli qumtosh ma'dani tarkibidagi asosiy qimmatbaho elementlar bu mis va kumushdir. Mis asosan oksidli va gidrooksidli birikmalardan tashkil topgan. Kumush esa argentit va akantit holatidadir. Misli qumtosh ma'dani boyitilishi qiyin bo'lgan oksidlangan va aralash mis ma'dani hisoblanib uni an'anaviy (sulfidli flotatsiya) usulda boyitish kam samaralidir. SHu sababli, ushbu muammoni echimlaridan biri bu sulfidlash jarayonidir.

Sulfidlash jarayonlaridan biri – bu gidrotermal sulfidlash jarayonidir. Bu jarayon oksidlangan mis ma'danlarini sharli tegirmonda yanchish vaqtida elementar oltingurgut yordamida 60-80°C haroratda amalga

oshiriladigan jarayondir. Adabiyotlar tahlilidan shu ma'lumki, 1 mol oksidli mis minerallarini optimal darajada sulfidlash uchun 1,5 mol oltingurgut sarf bo'ladi [5, 6]. Bizning tajribalarimizda bu ko'rsatgich 3-7 kg/t o'zgartirib borildi.

Boyitilishi qiyin bo'lgan Bobotog'ning misli qumtosh ma'dani 2,08% – Cu; 6,89 g/t – Ag bo'lgan asosiy qimmatbaho elementlardan tashkil topgandir. Hidrotermal sulfidlash jarayoni MSHL-14 turdagi laboratoriya sharli tegirmoni amalga oshirilgan bo'lsa flotatsiya jarayoni echiluvchi kamerali (kameralar sig'imi 3, 2, 1,5, 1 litr) FM2M turdagi mexanik flotatsion mashinalarda olib borildi.



4-rasm. Oksidli flotatsiya

Ushbu sulfidizatsion flotatsiya bo'yicha tajribalar quydagi doimiy ko'rsatkichlarda o'tkazildi: yanchish - namunani yiriklik darajasi -3;+0 mm; vazni 1 kg; bo'tana S:Q nibati 3:1; bo'tana harorati 80-90°C; muhit sozlovchi ohak 2 kg/t; sulfidizator elementar oltingurgut miqdori turli xil (3, 5, va 7 kg/t); davomiyligi 20 daqiqa; sulfidli flotatsiya – namunani yanchilganlik darajasi 80% -0,074 mm; vodorod ko'rsatkichi pH ≈ 8,5-9; faollashtiruvchi 442F asosiy va qayta tekshirish jarayonida 50/25 g/t, sulfidiril yig'uvchi (GOST 7927-75 talablari bo'yicha Buti ksantogenat kaliy (BKK)) 150/50 g/t; ko'pik hosil qiluvchi T-92 80/40 g/t; jarayon davomiyligi asosiy flotatsiya jarayoni 7 daqiqa, qayta tekshirish jarayoni 5 daqiqani tashkil etdi (2-rasm).

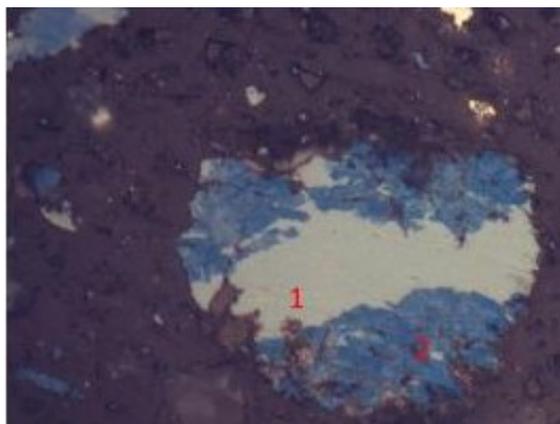
Xuddi shu yo'nalishdagi keyingi o'tkazilgan tajribalarda sulfidizator sifatida Na<sub>2</sub>S foydalanildi. Bundan tashqari ushbu o'tkazilgan sulfidizatsion flotatsiya tajribalaridagi boyitish mahsuloti sifatini oshirish maqsadida asosiy va qayta tekshirish boyitmalari umumlashtirilib 5 daqiqadan ikki marta qayta tozalandi. Tajribalar natijasida olingan boyitish mahsulotlari optika-emission va atom-absorbsion usullarda kimyoviy tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida mahsulotlarni va ulardagi asosiy komponentlarni ajralib chiqishi hisoblandi va 1-jadvalda keltirildi.

Yuqoridagi jadval ko'rsatkichlariga asosan sulfidizatsion flotatsiya boyitmasini ajralishi va undagi misning miqdori hamda uning sulfidli boyitmaga ajralishi bo'yicha holat diagrammasi tuzildi (3-rasm). Unga ko'ra elementar oltingurgut bilan gidrotermal sulfidlash natijasida o'tkazilgan tajribalarda sulfidizatorning miqdori ortishi bilan misning boyitmaga o'tish miqdori ham 18,40% dan 33,35% gacha ortib bormoqda. Lekin oltingurgut miqdorining 7 kg/t dan ortiq bo'lishi boyitish ko'rsatkichlarining ortishiga olib kelimadi. Bu yo'nalishda yana boyitma sifatini oshirish bo'yicha o'tkazilgan laboratoriya tajribalarida umumlashtirilgan sulfidli boyitmani ikki qayta tozalandi va natijada Cu-8,01% va Ag-76,07 g/t miqdorda bo'lgan 4,2% ajralish bilan sulfidli flotatsion boyitma olindi. Bunda Cu-16,25% va Ag-46,59% boyitmaga ajralgan bo'lsa bu ko'rsatkich umumiy ajralish holatida Cu-31,29% va Ag -62,78% tashkil etdi.

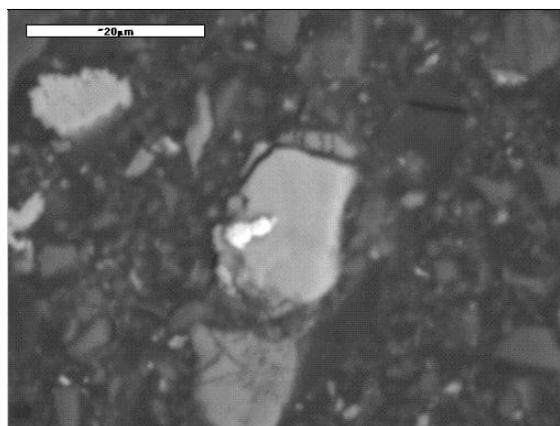
Namuna Na<sub>2</sub>S bilan sulfidlanganda va sulfidizator miqdori oshirilganda aksincha misning sulfidli boyitmaga ajralish miqdori 28,31% dan 17,58% gacha kamayib borganini ko'rish mumkin. Bu holatda umumlashtirilgan boyitmani qayta tozalash natijasida esa tarkibida Cu-14,72% va Ag-196,24 g/t miqdorda bo'lgan 1,82% sulfidli flotatsion boyitma olindi. Undagi Cu va Ag ning boyitmaga ajralishi mutanosib ravishda 16,25 va 46,59% tashkil etgan bo'lsa bu ko'rsatkichlar umumiy holatda 36,23 va 84,13% ni tashkil etdi.

Misli qumtosh ma'danini oksidiril yig'uvchi bilan flotatsiyalash.

Oksidli mis minerallarini flotatsion usulda boyitish amaliyoti deyarli bundan 60 yil (hozirda 100 yil) oldin Markaziy Afrikada (Kongo) va Union Miniere (Belgiya) tomonidan qo'llanilgan boshlangan. Jarayon ikkita



5-rasm. Xalkozin (1) kovellin (2). Kattalashtirilgan 200x



6-rasm. Oq rangli kumush. Kattalashtirilgan 400x



7-rasm. Aurokuprit (1), xalkozin (2) va kovellin (3). Kattalashtirilgan 400x

asosiy flotatsiya usulini o'z ichiga oladi: (a) kremniy tarkibli ma'danlardan oksidli mis minerallarini yog'li kislotalar bilan flotatsiya qilish va (b) karbonat tarkibli ma'danlardan oksidli mis minerallarini ksantogenat kabi sulfidiril yig'uvchilar yordamida flotatsiya [7].

Oksidli flotatsiya jarayonida qo'llaniladigan yig'uvchi reagentlar tarkibiga texnik olein kislolasi, natriy oleat, sintetik yog'li kislotalar, sulfatli sovun, tollovoe moyi, oksidlangan neft mahsulotlari, oksidlangan petrolatum, oksidlangan risaykl, oksidlangan kerosin (naft kislotalari),

Flatatsiya boyitmasining elektron mikrozonid tahlil natijalari

Mineral	Tahlil №	Tarkibi, %							
		<b>Sof elementlar</b>							
<b>Elementlar</b>		<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Cu</b>	<b>Cl</b>	<b>Si</b>
Kumush	1	71.90	0.18	0.62	0.85	3.09	2.80	0.08*	7.19
	2	79.26	4.78	0.42	–	–	10.27	0.29	–
		<b>Sulfidlar</b>							
<b>Elementlar</b>		<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Si</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ag</b>	<b>Cl</b>
Kovellin	3	18.94	0.45	–	–	62.72	3.17	0.42	–
	4	15.95	0.77	–	–	39.89	4.08	0.32	–
	5	28.02	0.61	–	–	68.70	2.59	0.19*	-0.11*
Xalkozin	6	23.18	0.49	–	–	75.10	1.41*	-0.18*	–
	7	21.07	0.39	–	–	78.48	–	–	–
	8	20.37	0.36	-0.02*	0.12	76.43	2.65	0.15*	-0.09*
		<b>Karbonatlar</b>							
<b>Birikmalar</b>		<b>SO<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CuO</b>	<b>ZnO</b>	<b>Ag<sub>2</sub>O</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>PbO</b>
Malaxit	9	4.54	0.48	66.43	4.78	0.28	–	–	–
	10	3.18	0.47	64.82	2.72	-0.04*	15.62	–	–
Xalkantit karbonatda uchragan	11	25.57	0.85	54.32	5.35	-0.05*	–	3.32	–
Anglezit	12	20.03	0.09	7.98	–	-0.27*	–	–	52.11

milonaft, IM-21 va boshqalar kiradi. Ular texnik aralashmalar bo'lib ularning flotatsion faol qismi yuqori yog'li karbon kislotalaridir. Ularning umumiy formulasi R-COOH. Yuqori yog'li kislotalar zaif kislotalar hisoblanadi.

Sovunlarning suvga qo'shilishi suv-havo chegarasidagi sirt tarangligini kamaytiradi. Bu esa barqaror ko'piklarning paydo bo'lishiga yordam beradi. Yog'li kislotalar molekulasida sirtida anionga nisbatan kuchli adsorbtsiyalanganligi sababli, gidroliz reaksiyasi sovun eritmalarning sirt tarangligini juda past bo'lishiga olib keladi. pH ko'rsatkichini oshishi reaksiyani o'ngdan chapga siljitadi va buning natijasida sirt tarangligi oshadi. Texnik olein kislotalari – bu yuqori yog'li kislotalarning aralashmasidir. Texnik olein kislotalarining ba'zi turlariga distillangan neft kislotalari qo'shiladi. Ba'zan sovun aralashmasidan yog'li kislotalarni ajratib olingandan keyin yog'li kislotalarining qiyin qotuvchi qattiq qismini sovitiladi va siqiladi; bunday olein presslangan olein deyiladi.

Texnik olein kislotalari GOST 7580-91 talablari asosida uch turda ishlab chiqariladi: A, B va V. A markali olein kislotalari tarkibida neft kislotalari 15% dan ko'p bo'lmay kerak. V markali olein kislotalari - paxta va kungaboqar moylarining distillanmagan kislotalarning aralashmasidir. Lekin uning qotish harorati yuqori. Bundan tashqari tarkibida ko'proq to'yingan yog' kislotalari, sovunsimon bo'lmagan va sovunga aylanmagan moddalar mavjud [8].

Ma'danlarni flotatsion boyitishda yanchilish darajasi va minerallarning ochilish darajasi eng muhim ahamiya kasb etadi. Zarracha faqat uning umumiy solishtirma og'irligi (havo pufagi bilan birgalikda) suvning solishtirma og'irligidan kam bo'lsagina flotatsiyalanishi mumkin. Havo pufakchalarining o'lchami ozmi-ko'pmi doimiy hajmida bo'lishi va boyitiluvchi zarrachalarning o'lchami 0,3 mm dan oshmasligi kerak. Aksariyat hollarda, o'lchami 100÷200 mesh (0,147-0,074 mm) bo'lgan ma'danlar flotatsion boyitiladi. Yanchilganlik darajasi 0,025 mm va undan mayda bo'lgan zarrachalar esa bo'tanani qovushqoqlik darajasini o'rtishiga olib keladi va buni hisobiga flotatsiya darajasi sezilarli darajada pasayadi. Shuning uchun, eng mayda fraksiyalar chiqindiga (xvost) qo'shilib ketadi.

Flotatsiya qoniqlik bo'lishi uchun ma'dan minerallarining kamida 75% ochilishi talab qiladi. Agar ochilish darajasi undan kam bo'lsa ma'dan minerallarning ma'lum bir qismi bo'sh tog'jinslari bilan birga chiqindiga o'tib ketadi. Flotatsiya paytida bo'tana tarkibidagi optimal qattiq moddalar miqdori 25-35% ni tashkil qiladi.

Yanchish – foydali qazilma bo'laklarini kerakli o'lchamdagi zarrachalarga aylantirish (parchalash) jarayonidir. Yanchilish darajasi, foydalanilayotgan uskunaning xususiyatlariga (ish tartibi) va boshlang'ich materialga (granulometrik tarkibiga, mineralogik tarkibi, minerallarning qattiqligi, minerallarning sinishi va boshqalar) bog'liqdir [9].

Bobotog' misli qumtosh ma'danini oksidli flotatsiya bo'yicha tajribalar quyidagi doimiy ko'rsatkichlarda o'tkazildi: yanchish - namunani yiriklik darajasi -3;+0 mm; vazni 1 kg; bo'tana S:Q nisbati 3:1; muhit sozlovchi soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 1,5 kg/t; davomiyligi 12, 20 daqiqa; oksidli flotatsiya – namunani yanchilganlik darajasi 70 va 80% -0,074 mm; vodorod ko'rsatkichi pH ≈ 8,5-9; oksidril yig'uvchining (olein kislotalari) asosiy flotatsiya jarayoniga 1-2 kg/t; ko'pik hosil qiluvchi T-92 40/20 g/t; so'ndiruvchi suyuq oyna (GOST 13078-81 talablari asosida ishlab chiqarilgan (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)); jarayon davomiyligi asosiy flotatsiya jarayoni 7 daqiqa, qayta tekshirish jarayoni 5 daqiqani tashkil etdi (4-rasm).

Bundan tashqari ushbu o'tkazilgan oksidli flotatsiya tajribalaridagi boyitish mahsuloti sifatini oshirish maqsadida asosiy va qayta tekshirish mahsulotlari umumlashtirilib 5 daqiqa qayta tozalandi. Tajribalar natijasida olingan boyitish mahsulotlari optika-emission va atom-absorbtsion usullarda kimyoviy tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida mahsulotlar va asosiy komponentlarning ajralib chiqishi hisoblandi va 2-jadvalda keltirildi.

Olib borilgan oksidli flotatsiya natijalariga ko'ra oksidril yig'uvchi olein kislotalarini miqdori o'zgarishi bilan misning boyitmaga o'tishi teskari parabola ko'rinishida o'zgarib bordi. Lekin yig'uvchi olein kislotalarining miqdori 2 kg/t dan ortiq bo'lishi boyitish ko'rsatkichlarining yaxshilanishiga olib kelmadi. Namunani yanchilganlik darajasi 70% -0,074 mm bo'lganda Cu ning oksidli boyitmaga ajralishi 48,79% dan 55,34% gacha o'zgargan bo'lsa Ag ning boyitmaga ajralishi 53,57% dan 63,89% gacha o'zgardi. Bu ko'rsatkichlar namunani yanchilganlik darajasi 80% -0,074 mm bo'lganda Cu 59,2% dan 64,01% gacha va Ag 61,98% dan 69,18% gacha o'rtishiga sabab bo'ldi. Bundan tashqari namunani yanchilganlik darajasi 70% dan 80% oshirilganda, oksidli boyitmaning miqdori ham 10,05% dan 18,39% gacha ortdi. Bu holatda umumlashtirilgan boyitmani qayta tozalash natijasida esa tarkibida Cu-5,65% va Ag-19,79 g/t miqdorida bo'lgan 23,97% oksidli flotatsion boyitma ajratib olindi. Undagi Cu va Ag ning boyitmaga ajralishi mutanosib ravishda 65,11 va 68,85% tashkil etgan bo'lsa, bu ko'rsatkichlar komponentlarni umumiy ajralish holatida 71,4 va 75,75% ni tashkil etdi.

## Sulfidatsion-flotatsiya mahsulotlarini mineralogik tahlili.

Yuqorida sulfidatsion flotatsiyalash bo'yicha o'tkazilgan tajriba mahsulotlarini mineralogik tahlil qilish kimyoviy, atom-absorbtsion, ratsional tahlil va mikrozonid tahlillari yordamida olib borildi. Tadqiqotlar davomida shaffof shliflar va briketlar tarkibidagi minerallarni o'rganishda binokulyar mikroskop, «Nicon ECLIPSE LV 100 N POL» turdagi qutblashtiruvchi mikroskop va «JEOL» 880 turdagi elektron mikrozonid mikroskoplaridan foydalanildi.

O'tkazilgan tadqiqotlar shu ko'rsatadiki, flotatsiya boyitmasida asosiy ma'dan hosil qiluvchi minerallar bu kumush, aurokuprit, pirit, xalkozin, kovellin, xalkantit va gyotitlardir. Bundan tashqari aksessor minerallardan anglezit, barit, monotsit, ksenotim rutil ham uchraydi (3-jadval).

Elektron mikrazond tahlil natijalariga ko'ra, kumush tabletkasimon shaklda xalkozin va qisman jins hosil qiluvchi elementlar bilan birga uchraydi. Aurokuprit minerali esa o'lchami 0,005 mm dan 0,02 mm gacha bo'lgan nozik tomirsimon ko'rinishda, mayda xalkozin kristallari bilan birga o'simta hosil qilgan holda uchraydi. O'lchamlari 0,02 mm dan 0,08 mm gacha bo'lgan pirit minerali ham xuddi shunday xalkozin bilan birga o'simta hosil qilgan holda uchraydi. Ushbu boyitmadagi

minerallarning asosiy qismini xalkozin va kovellin tashkil etadi. O'lchami 0,02 mm dan 0,2 mm gacha bo'lgan xalkozin va kovellin minerallari bir-birlari bilan o'simta hosil qilib uchraydi va ba'zi hollarda xalkozin chegaralarida kavellinni kuzatish mumkin (5, 7-rasm).

Elektron mikrazond tahlil natijalariga ko'ra, flatatsiya oraliq mahsulotida kumush minerali tabletkasimon ko'rinishda xalkantit va xalkozin minerallari tarkibida hamda oksid holatida uchraydi. Aksessor minerallardan barit, rutil, monotsit, gyubnerit, evgitin uchraydi. Ushbu mahsulotda minerallarning asosiy qismini o'lchami 0,02 mm dan 0,2 mm gacha bo'lgan xalkozin tashkil kiladi. U ba'zan kovellin bilan o'simta hosil qiladi.

Flotatsiya chiqindisi tarkibi mineralogik tadqiq qilinganda, kumush o'lchami 0,005 mm dan 0,01 mm gacha bo'lgan tabletkasimon shaklda uchrashi aniqlandi. Aurokuprit minerali esa o'lchami 0,005 mm dan 0,02 mm gacha bo'lgan aylanasimon ko'rinishda uchraydi. O'lchami 0,02 mmdan 0,2 mm gacha bo'lgan xalkozin namunadagi minerallarning asosiy qismini tashkil kilib ba'zan kovellin bilan o'simta hosil qilgan holda uchraydi. Pirit minerali o'lchami 0,02 mm dan 1 mm gacha bo'lgan uzun prizmatik ko'rinishda ba'zi joylari emirilgan holatda uchraydi. Ba'zan pirit darzliklarini xalkozin to'ldirib o'simta hosil qilgan.

## Bibliografik ro'yxat:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 11 sentyabrdagi PF-158-son Fermoishi.
2. Layton M.J., Nugent O., Liao T.X., and others. Citi Research, Copper Book: 2021-2030 Outlook, 07 October 2021.
3. Рахманов И.Ю., Абдурахмонов С.А., Шакаров Т.И. Результаты исследования физико-химических свойств медицинских песчаных руд месторождений «Бабатаг» // Горный вестник Узбекистана. – № 1 (92). – Навои, 2023 г. – С. 67-70.
4. Glembotskaya T. B., Handbook of ore dressing. Vozniknovenie i razvitie flotatsii. – M., 1984.
5. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твёрдых веществ полезных ископаемых.
6. Якубов Н. М. Мировой рынок меди: состояние и перспективы развития // Маркетинг в России и за рубежом. – 2015. – № 4 (108). – С. 123-129.
7. Автореферат дис. Омарова Б.Н. «Разработка способа подготовки окисленных медных руд к металлургической переработке пути и гидро-термальной сульфидизации на стадии измельчения». – Караганда, 1996 г.
8. Saquet J.J. and Mining K. Metallurgical Operation of Union Miniere du Haut Katanga. Mining Engineering, Vol. 14, Nr 12, 1962, pp. 71-81.
9. Дуденков С.В., Шубов Л.Я. и др. Основы теории и практики применения флотационных реагентов. – М., изд-во «Недра», 1969 г.
10. Богданов О.С. Справочник по обогащению руд. Том 1. – М.: Недра, 1972.
11. [https://www.chemeuropa.com/en/encyclopedia/Copper\\_mining\\_in\\_the\\_United\\_States.html](https://www.chemeuropa.com/en/encyclopedia/Copper_mining_in_the_United_States.html).
12. <https://anepmetall.ru/icsg-proizvodstvo-medi-vyroslo-v-2022-godu>.
13. <https://www.metallinfo.ru/ru/news/156077>.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Ведущая жемчужина металлургии

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навийский машиностроительный завод»  
[www.ngmk.uz](http://www.ngmk.uz)  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: [informz@ngmk.uz](mailto:informz@ngmk.uz)

## МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ УРАНА



**Шарафутдинов У.З.,**  
начальник  
ИЦВНТ Департамента инновационного  
развития АО «НГМК»  
д.т.н., профессор



**Ражабов И.М.,**  
заместитель  
декана заочного отделения НГТУ,  
PhD, доцент



**Юлдашев Ш.Ш.,**  
докторант  
Навийского отделения АН РУз.



**Аликулов Ш.Ш.,**  
проректор  
по углубленному сотрудничеству  
НГТУ, д.т.н., профессор

*Ishda uranning xatti-harakati uning fizik-kimyoviy xususiyatlarini, migratsiya qobiliyatini va yuvish, uzatish va cho'ktirish jarayonlarining xususiyatlarini tahlil qilish asosida ko'rib chiqiladi. Uranning tog' jinslari va tabiiy suvlarda bo'lish shakli tasvirlangan. Uranning xatti-harakatlari qonuniyatlarini tahlil qilish asosida uranon to'planishining gidrogeologik va fizik-kimyoviy sharoitlari, minerallar va elementlar assotsiatsiyasi jarayonlari ko'rib chiqiladi.*

**Tayanch iboralar:** uran, kompleks hosil bo'lishi, erimaydigan minerallar, karbonat komplekslari, sorbsiya, migratsiya.

*В работе поведение урана рассматривается на основе анализа его физико-химических свойств, миграционной способности и особенностей процессов выщелачивания, переноса и осаждения. Описана форма нахождения урана в горных породах и природных водах. На основе анализа закономерностей поведения урана рассмотрены процессы гидрогеологических и физико-химических условий уранонакопления, ассоциации минералов и элементов.*

**Опорные слова:** уран, комплексобразования, труднорастворимые минералы, карбонатные комплексы, сорбция, миграция.

Параметром, определяющим миграционную способность урана в объектах окружающей среды, является его растворимость, которая, в свою очередь, зависит от pH, окислительно-восстановительного потенциала, температуры, структуры почв, содержания органических и неорганических соединений, влажности и активности микроорганизмов.

В почве уран находится в виде осажденных или восстановленных, сорбированных комплексных соединений, и в зависимости от форм нахождения, обладает различной мобильностью в окружающей среде.

Например, за счёт своей хорошей растворимости в воде, карбонатные и сульфатные комплексные соединения урана могут мигрировать на значительные расстояния.

Наряду с шестивалентной формой, уран в природе встречается и в четырехвалентной форме. Как правило, уран, в почве находится в окисленной форме, в воде присутствует в виде уранил-гидроксил-карбонатных комплексов [1].

В почве, уран, привнесенный извне, может концентрироваться адсорбцией, хемосорбцией на минералах, ионным обменом или сочетанием нескольких механизмов. Изменение подвижности урана в почве обуславливается изменением физико-химических параметров почвы, что влечёт изменение механизма сорбции.

В окружающей среде подвижность урана определяется процессами комплексобразования и окислительно-восстановительными реакциями.

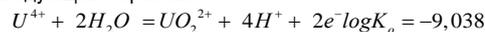
Эти процессы обуславливают преобразование нерастворимых форм урана в растворимые, и, как следствие, мобилизацию урана в объектах окружающей среды [2]. Наряду с сорбцией и хемосорбцией урана в почве на минералах идут абиотические и биологические процессы.

В результате этого образуются комплексы с неорганическими и органическими лигандами. Восстановлению шестивалентного урана до четырехвалентного, а также повторному окислению четырех-

валентного урана за счет абиотических и биотических процессов, уделяется большое внимание.

На подвижность урана в окружающей среде существенно влияет степень окисления урана. Преимущественно уран в растворе существует в виде уранил- иона и растворимых карбонатных комплексов ( $UO_2CO_3(OH)^3-$ ,  $UO_2CO_3^0$ ,  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$ ,  $UO_2(CO_3)_3^{4-}$  и, возможно,  $(UO_2)_3(CO_3)_6^{6-}$  [3]. В основном, шестивалентный уран в почвах, pH которых располагается между 4,0 и 7,5, (т.е. pH большинства почв), находится в гидролизованной форме. В восстановительных условиях четырехвалентный уран устойчив. Принято считать четырехвалентный уран относительно неподвижным, который образует труднорастворимые минералы, такие, как уранинит ( $UO_2$ ). В большинстве восстановительных условиях, встречающихся в природе, растворенный U (III) легко окисляется до U (IV). В водных растворах U (V) ( $UO_3^{3+}$ ) легко диспропорционирует в U (IV) и U (VI).

Термодинамические расчёты показали, что преобладающей разновидностью в выветренных системах и гидротермических растворах четырехвалентный и шестивалентный уран связаны между собой следующим образом:



Из этого следует, что шестивалентный уран значительно растворим и мобилен, чем четырехвалентный. На рис. 1 показаны формы нахождения урана при 25°C, в зависимости от pH, окислительных и умеренно восстановительных условий.

На диаграммах показано, что в окружающей среде гидроксидные и карбонатные комплексы урана имеют первостепенное значение, также как и шестивалентные и четырехвалентные формы урана. При нейтральных и слабощелочных значениях pH карбонатных вод шестивалентный уран находится в форме сильных анионных водных карбонатных комплексов (например,  $UO_2CO_3$ ,  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$  и  $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ ). При значениях pH 7-8 преобладающей формой урана будет водный комплекс  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$  (рис. 1 а). Результаты многочисленных исследований адсорбции урана на разных мине-

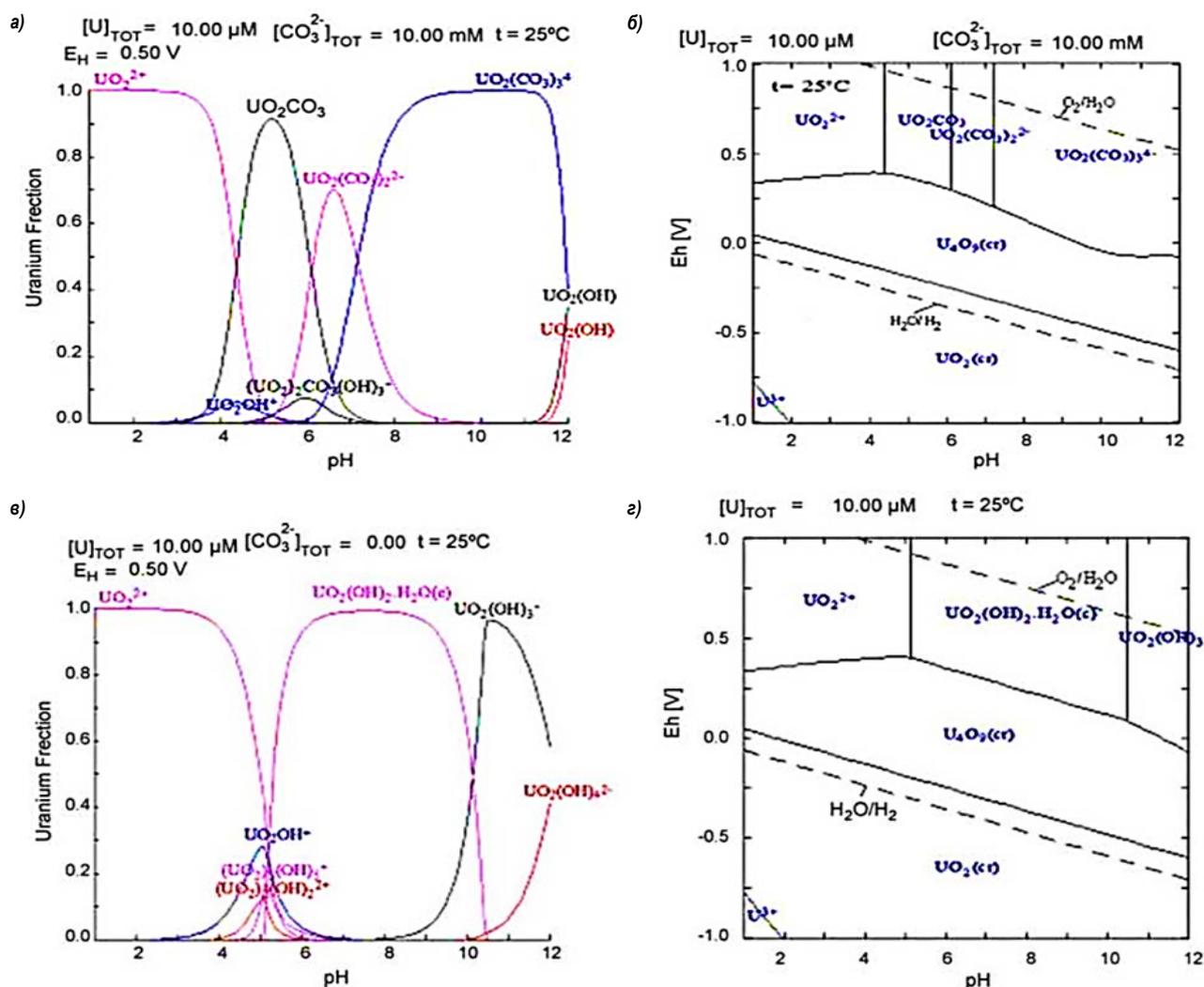


Рис. 1. Зависимость форм урана от Eh-pH (а-г)

ралах показали, что адсорбция урана в карбонатных комплексах заметно снижается. Как следствие, это приводит к высвобождению урана из почвы [4].

Исходя из рис. 1 в, при низких значениях Eh можно наблюдать образование твёрдой фазы и преобладание растворенных карбонатных комплексов урана при высоких значениях Eh.

При условиях ОВП раствора выше 0,25 В и pH раствора между 7 и 8, растворённый уран будет находиться в окисленной шестивалентной форме. Кроме того, при ОВП раствора выше, чем 0,25 В, в кислой среде (при pH=1-5), растворённый уран находится в шестивалентном состоянии в виде уранил-иона  $[UO_2]^{2+}$ .

В природной воде, в щёлочной среде наиболее значимыми лигандами являются карбонат ионы и, за счёт склонности урана к образованию анионных карбонатных комплексов наблюдается большая растворимость шестивалентного урана [5].

На рис. 1 представлены данные зависимости распределения видообразования урана от концентрации углекислого газа в замкнутой системе и pH водной среды. Изменение полей устойчивости шестивалентного урана обуславливается формированием карбонатных комплексов.

Карбонатные комплексы шестивалентного урана могут, как говорилось ранее, образовываться в щёлочной среде при высокой концентрации карбонатов даже в восстановительных условиях [6].

Также имеет место образование гидроксо-комплексов уранила, таких как  $UO_2(OH)^+$  и  $(UO_2)_3(OH)^{5+}$  в небольших количествах и только при высоких температурах или в обедненных карбонатом щелочных водах.

Четырехвалентный восстановленный уран плохо растворяется и в основном подвергается гидролизу, образует коллоидные частицы, особенно при изменении условий окружающей среды [7].

При постройке Eh-pH диаграмм видообразования урана в водах доломитовых отложений с содержанием урана от 0,01 до 0,5 мг/л, возникает ряд трудностей с учётом наличия ионов кальция и магния, а так же возможного присутствия комплексов сульфат ионов.

В слабокислой среде (pH<6) при нормальных окислительных условиях в растворе уран вместо осаждения с карбонатами может находиться в форме гидроксокомплекса  $[(UO_2)_3OH]^{5+}$ .

При условии преобладания в воде карбонатных и сульфатных анионов, фосфатные комплексные соединения уранил-иона будут доминировать  $[UO_2HPO_4(вод.)]$  и  $UO_2PO_4^-$  вплоть до pH > 8, как показано на рис. 4.

Комплексы уранил-иона с сульфат, фторид и хлорид анионами не так устойчивы относительно комплексов с карбонатами и сульфатами, но, тем не менее, также потенциально важны для определения и моделирования форм уранил-иона [8].

На рис. 5 представлена Eh-pH диаграмма форм нахождения урана в сульфатной среде. Исходя из диаграммы, можно констати-

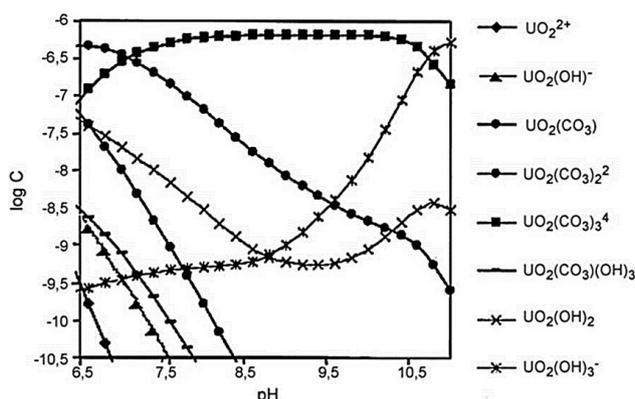


Рис. 2. Влияние pH и концентрации диоксида углерода на химические формы урана в природных водах

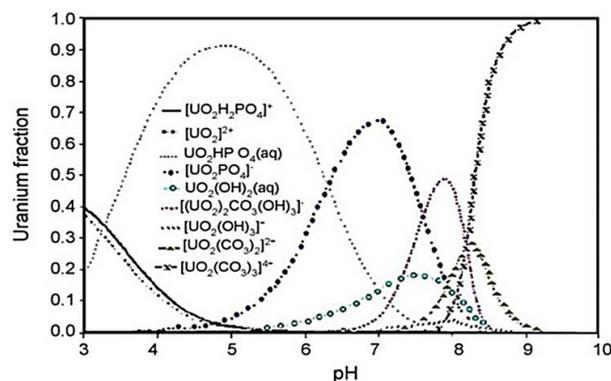


Рис. 4. Рассчитанные значения доли различных форм урана в системе  $UO_2-PO_4-CO_3-OH-H_2O$  при  $t=25^\circ C$

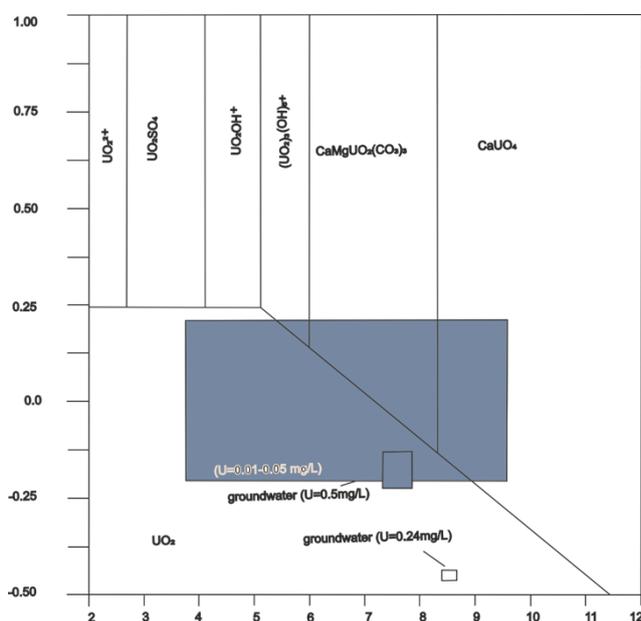


Рис. 3. Eh-pH диаграмма урана (0,01-0,5мг/л) в доломитовой воде

ровать, что при увеличении pH и понижении окислительно-восстановительного потенциала в урансодержащих водных средах формируется нерастворимый осадок уранатов, а именно, «желтый кек». В природных условиях уран хорошо ассоциируется с органическим веществом. Широко распространенные в природе гуминовые кислоты, фульвокислоты образуют гуматы и фульваты урана, которые обладают различной растворимостью в зависимости от кислотности растворов.

К основным сорбционным фазам почв, сорбирующим шестивалентный уран, относятся оксиды железа и марганца, а также глинистые минералы. Для сорбции урана доминирующими поверхностями рассматриваются гидроксильные группы на поверхности оксидов и гидроксильные группы -Si-O-H и -Al-O-H, расположенные по краям глинистых минералов. Однако сорбция на таких участках переменного заряда контролируется значениями pH почвенной вытяжки.

Исследователи [9], изучавшие сорбционные свойства гетита и ферригидрита относительно урана, определили, что максимум адсорбции достигается при pH=4-5. Сорбция уранил-иона на поверхности карбонатов наблюдалась вблизи нейтральной pH среды. Сорбция карбонатно-сульфатных анионных комплексов уранила

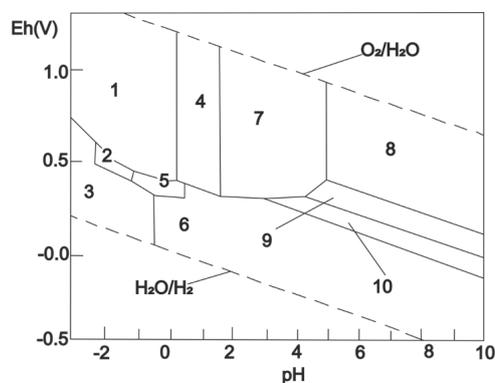


Рис. 5. Диаграмма Eh-pH и формы нахождения урана в присутствии сульфатов: при  $t=25^\circ C$ , концентрация ионов-урана 0,01 мг/л; концентрации сульфат-ионов: 0,1 мг/л (1)  $UO_2^{2+}$ ; (2)  $U(SO_4)_2^{2-}$ ; (3)  $U^{4+}$ ; (4)  $UO_2(SO_4)$ ; (5)  $UO_2$ ; (6)  $UO_2(SO)_2^{2-}$ ; (7)  $UO_2(OH)_2 \cdot H_2O$ ; (8)  $U_3O_8$ ; (9)  $U_3O_9$ ; (10)  $U_4O_9$

$[UO_2CO_3SO_4]^{2-}$  и трикарбонатного анионного комплекса уранила  $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$  на гетите была показана в работе [10]. В то же время Пейн и Уайт [11] показали возможность сорбции нейтральных карбонатных  $UO_2CO_3$ , бикарбонатных анионных  $[UO_2(CO_3)_2]^{2-}$ , трикарбонатных анионных  $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$  комплексов уранила на аморфных гидроксидах железа ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ).

Позднее Уэйт и другие доказали, что ферригидрит так же сорбирует  $UO_2CO_3$ , а Дафф и Амрейн [12] обнаружили сорбцию анионного комплекса  $[(UO_2)_2CO_3(OH)_3]^-$  на гетите.

В работах [13] авторами рядом спектроскопических исследований было доказано формирование на поверхности минералов, таких, как гематит и кварц, тройного U-карбонатного вида, типа  $[SO_2UO_2(CO_3)_3]$ .

Изучение зависимости сорбции от кислотности среды показало, что ионы водорода  $H^+$  конкурентно сорбируются с уранил-ионом на сорбционных поверхностях; при повышении кислотности среды, сорбционные свойства  $H^+$  начинают превалировать, при достаточно низких значениях pH становится основным собирающимся агентом, образуя на сорбционной поверхности положительно заряженный депротонированный слой ( $-Si-OH^{2+}$ ).

При повышении значений pH, уранил-ион вытесняет ионы водорода и связывается с гидроксильной группой на поверхности алюмосиликатных минералов. Однако, подобное взаимодействие уранил-иона и гидроксильной группы наблюдается только в водных растворах.

## Библиографический список:

1. Петухов О.Ф., Истомин В.П., Рудниев С.В., Хасанов А.С. Уран: химия, минералогия, обогащение, геотехнология, металлургия. Учебник для вузов. – Тошкент, 2014. – С. 56-58.
2. Каплунов Д.Р., Рыленикова М.В., Радченко Д.Н. Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Москва, 2015. – № 1. – С. 88-96.
3. Петухов О.Ф., Хасанов А.С. Металлургия радиоактивных металлов. – Ташкент: Мухаррир, 2011. – С. 85-87.
4. Чекушина Т.В., Чекушина Э.В. Переработка минеральных отходов урановых рудников с помощью ресурсосберегающих технологий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Екатеринбург, 2018. – С. 30-35.
5. Лисовский Г.Д., Лобанов Д.П. и др. Кучное и подземное выщелачивание металлов. – М.: Недра, 1982. – С. 27-28.
6. Петухов О.Ф., Назаров В.Ф., Каримов А.К. Шарафутдинов У.З. Физико-химические основы и технология подземного выщелачивания урана с использованием кислорода и кислорода воздуха // Горный Вестник Узбекистана. – № 2.– Навои, 2022 – С. 16-19.
7. Санакулов К., Курбанов М.А., Шарафутдинов У.З. Обзор о состоянии дела перспектива развития комплексной переработки урана // Горный Вестник Узбекистана. Навои, 2023. – № 2. – С. 50-54.
8. Ларин В.К., Литвиненко В.Г., Шелудченко В.Г. Совершенствование технологии гидрометаллургической переработки урановых руд // Горный журнал. – Москва, 1999. – № 12. – С. 59-61.
9. Rahmani-Sani A. Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies on sorption of uranium and thorium from aqueous solutions by a selective impregnated resin containing carminic acid/A. Rahmani-Sani A., Hosseini-Bandegharaei S.-H., Hosseini K., Kharghani H., Zarei, A. Rastegar // Journal of Hazardous Materials. – 2015. V. 286, pp. 152-163.
10. Mahmoud O. Abd el-Magied. Sorption of Uranium Ions from Their Aqueous Solution by Resins Containing Nanomagnetite Particles. Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering Volume 2016, Article, 11 p.
11. Корнилович Б.Ю., Пшинко Г.Н., Боголепов А.А. Влияние ЭДТА И НТА на сорбцию U(VI) глинистыми компонентами почвы // Радиохимия, 2006, № 6 (т. 48). – С. 525-528.
12. Perminova I.V., Frimmel F.H., Kudryavtsev A.V., Kulikova N.A., Abbt-Braun G., Hesse S., Petrosyan S. Molecular weight characteristics of humic substances from different environments as determined by size exclusion chromatography and their statistical evaluation // Environ. Sci. Technol. 2003. V 37, pp. 2477-2481.
13. Prado A.G.S., Miranda B.S., Dias J.A. Attachment of two distinct humic acids onto a silica gel surface // Coll. And Surf. 2004. V. 242, pp. 137-143.

**НФ-630; НФ-1200М-03**

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ  
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ СТАНОК**



**NMZ**  
ИЗГОТОВИТЕЛЬ  
И МОНТАЖЕР

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## ПОВТОРНОЕ ВОВЛЕЧЕНИЕ В ОБОРОТ ВОД ХВОСТОХРАНИЛИЩ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ



Чулиев Ф.Г.,  
директор  
ГМЗ-5 АО «НГМК»



Хамидов Р.А.,  
доцент кафедры  
«Металлургия» НГГТИ, PhD

*Ushbu maqolada chiqindilarni yig'ishtirib yuvishda qayta ishlashning eng maqbul rejimlarini aniqlash bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan, shuningdek, mavjud qoldiq havzasidagi hovuz suvidan siyanidlash jarayonida qayta foydalanish va shu bilan chuchuk suvdan foydalanish xarajatlarini kamaytirish imkoniyati eksperimental ravishda isbotlangan.*

**Tayanch iboralar:** suvning sirkulyatsiyasi, sorbsion siyanidlanish, yig'ma yuvish, sorbent, hovuz suvi, tuz tarkibi, sorbsiya faolligi, ko'mir, smola.

*В данной статье представлены результаты исследований по определению наиболее оптимальных режимов переработки хвостов кучного выщелачивания, а также экспериментально доказана возможность повторного использования прудковых вод действующего хвостохранилища в процессе цианирования, тем самым сократив расходы на использование свежей воды.*

**Опорные слова:** водооборот, сорбционное цианирование, кучное выщелачивание, сорбент, прудковые воды, солевой состав, сорбционная активность, уголь, смола.

Основным направлением решения проблемы роста водного дефицита в Кызылкумах в текущем столетии является водосбережение. В связи с этим ключевая роль принадлежит реализации крупномасштабного водосбережения в горно-металлургической промышленности.

Экономии воды также способствует расширенное использование в производстве вторичного сырья и материалов. Значительные потенциальные технологические возможности водосбережения в промышленности могут быть практически реализованы при наличии адекватного организационно-экономического и финансового механизма водосбережения в производстве.

Как правило, при добыче, обогащении полезных ископаемых и их переработке на гидрометаллургических заводах (ГМЗ) наиболее распространены так называемые, мокрые процессы, при которых раскрытие и разделение минеральных компонентов происходит при помощи воды. К ним относятся орошение забоев, обеспыливание

проезжей части карьерных дорог, мокрое дробление, измельчение с последующей классификацией и большинство гравитационных, магнитных, флотационных процессов, а также гидрометаллургическая переработка руд и концентратов.

При кучном выщелачивании одновременно перерабатывается огромнейшая масса рудного сырья, и поэтому данный процесс связан с большим потреблением воды. Кучное выщелачивание осуществляется на открытой местности, в связи с чем сопровождается постоянным испарением влаги, приводящей к необходимости периодического добавления свежей воды.

Повторное вовлечение в оборот вод хвостохранилищ перерабатывающего предприятия и других источников является весьма эффективным решением снижения расхода свежей воды.

Следует отметить, что наряду со снижением расхода свежей воды, использование хвостовой и других вод создаёт положительные эффекты, заключающиеся:

- в увеличении полезной ёмкости хвостохранилищ и создании дополнительных объёмов для складирования твёрдой фазы;
- в уменьшении фильтрации жидкой фазы в подземные воды, тем самым снижая негативное воздействие на окружающую среду;
- в возможности попутного извлечения ценных компонентов и получении дополнительных объёмов готовой продукции;
- в снижение себестоимости воды в целом, за счёт снижения расхода электроэнергии.

Принимая во внимание вышесказанное, одним из основных направлений стратегии водосбережения АО «НГМК» является рациональное использование с применением новых технологий, научных достижений и опыта персонала комбината.

Исследования, нашедшие отражение в данной статье, направлены на решение двух весьма актуальных задач: во-первых, вовлечение в переработку отходов кучного выщелачивания с целью доизвлечения золота, а во-вторых, сокращения

Таблица 1

Химический состав техногенных отходов

Элемент, в пересчёте на:	Содержание, %	Элемент, в пересчёте на:	Содержание, %
SiO <sub>2</sub>	66,80	S <sub>общ</sub>	1,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,70	S <sub>s</sub>	0,54
TiO <sub>2</sub>	0,60	SO <sub>3</sub>	1,5
FeO	2,57	Fe <sub>общ</sub>	3,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,71	Fe <sup>2+</sup>	2,00
CaO	3,00	Fe <sup>3+</sup>	1,20
MgO	1,70	S <sub>общ</sub>	0,57
Na <sub>2</sub> O	0,94	S <sub>орг</sub>	0,28
K <sub>2</sub> O	3,30	CO <sub>2</sub>	1,06
MnO	0,05	Ац, г/т	0,65
As	<0,087	Аг, г/т	0,4

потребления свежей воды путём повторного использования прудковых вод.

На начальном этапе исследований была изучена характеристика руды. В табл. 1 и 2 представлены результаты химического и масс-спектрометрического анализов.

Содержание золота в исследованной пробе по данным пробирного анализа находится на уровне 0,64 г/т. Содержание сульфидной серы крайне мало и соответствует значению 0,54%. Отмечено присутствие органического углерода 0,28%.

Из породообразующих минералов в рудах преобладают кварц, калиевый полевой шпат (ортоклаз и микроклин), биотит, серицит, хлорит, плагиоклаз (альбит). В отдельных рудных интервалах присутствуют амфиболы, эпидот и карбонаты. Из аксессуарных: циркон, турмалин, сфен, апатит. Среди них, циркон только обломочный, турмалин как обломочный, так и новообразованный, апатит и сфен только новообразованные. Наиболее характерные рудные минералы: самородное золото, шеелит, арсенопирит, пирит, и пирротин. Массовая доля основных породообразующих минералов кварца (40,8%) и альбита (20,0%) составляет 60,8%. Массовая доля глинистых минералов составляет 30,8%, среди них: биотит (9,3%), гидробиотит (2,2%), хлорит (19,3%). Содержание кальцита 2,8%.

Сульфидная минерализация в пробе техногенных отходов представлена пиритом, содержание составило – 2,8% и в незначительном количестве арсенопиритом, содержание составило – 0,15%. Пирит представлен в виде кристаллов изометрической фор-

мы в виде куба, октаэдра и пентагон-додокаэдра, и их обломков, в виде неправильных форм.

Для определения формы нахождения золота в хвостах цеха кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) был проведён рациональный анализ (табл. 3).

Из представленных данных видно, что всего в доступной для извлечения цианированием форме, без применения дополнительных приёмов химической обработки, находится 67,2% от общего содержания золота.

Для определения оптимальных условий процесса сорбционного цианирования был проведён ряд опытов. Для начала был определён наиболее приемлемый сорбент, обеспечивающий наилучшие показатели процесса. Для этого были проведены опыты по цианированию хвостов ЦКВЗ. Навеска сорбентов в каждом опыте составляла 0,3-0,6 г, отношение Ж:Т пульпы – 1,3:1, расход NaCN – 1,0 кг/т, продолжительность агитации – 72 ч. После агитации сорбент отделяли от пульпы, пульпу фильтровали, фильтрат сдавали на атомно-абсорбционный анализ Au, сорбент отмывали от пульпы, сушили и сдавали на химический анализ Au.

Результаты, представленные в табл. 4, показывают, что смола проявляет незначительно лучшие сорбционные свойства, чем уголь, и, следовательно, оба сорбента могут быть использованы для извлечения растворённого золота из пульпы цианирования хвостов ЦКВЗ, поэтому выбор сорбента будет определяться из экономических соображений.

Таблица 2

Результаты спектрального полуколичественного анализа техногенных отходов кучного выщелачивания

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Cu	0,005	V	0,02	Sr	0,02
Pb	0,0005	Ti	0,5	Zr	0,02
Zn	<0,01	Mo	0,01	Sc	0,001
Ce	0,001	Yb	0,0003	Be	0,0002
Ni	0,01	Ga	0,003	Ba	0,1
Cr	0,5	Mn	0,05	Y	0,003

Таблица 3

Результаты рационального анализа техногенных отходов хвостов ЦКВЗ на золото

Формы нахождения золота и характер его ассоциации с рудными и породообразующими компонентами	г/т	%
Свободное и в виде сростков с рудными и породообразующими компонентами (извлекаемое цианированием)	0,43	67,2
Извлекаемое цианированием после обработки NaOH (покрыто плёнками, ассоциированное с антимонитом и аморфным кремнезёмом)	0,11	17,2
Извлекаемое цианированием после обработки соляной кислотой (ассоциированное с оксидами, гидроксидами железа, хлоритами, карбонатами)	0,07	10,9
Тонко вкрапленное в породообразующие минералы	0,03	4,7
Итого в исходной пробе (по балансу):	0,64	100

Таблица 4

Результаты опытов по определению изотерм сорбции Au активным углем и ионообменной смолой из пульпы цианирования хвостов ЦКВЗ

Масса твёрдой фазы, кг	Объём жидкой фазы, л	Масса сорбента, г	Равновесная концентрация Au в растворе, мг/л	Содержание Au в сорбенте по анализу, мг/г	Расчётное содержание Au в сорбенте, мг/г
ионообменная смола					
0,19	0,25	0,35	0,02	0,23	0,25
0,60	0,78	0,36	0,09	0,34	0,51
3,10	4,03	0,42	0,21	0,89	0,91
активированный уголь					
0,25	0,32	0,58	0,04	0,20	0,16
0,52	0,68	0,58	0,05	0,31	0,39
1,85	2,40	0,58	0,14	0,69	1,11

Таблица 5

Зависимость извлечения золота от продолжительности выщелачивания

Продолжительность, час	8 ч	12 ч	16 ч	24 ч
Содержание золота пробы 1, г/т	0,36±0,12	0,28±0,12	0,28±0,12	0,28±0,12
Извлечение золота пробы 1, %	59,2	67,8	67,8	67,8
Содержание золота пробы 2, г/т	0,46±0,12	0,38±0,12	0,22±0,12	0,21±0,12
Извлечение золота пробы 2, %	31,3	40,6	65,6	67,1

Таблица 6

Зависимость извлечения золота от концентрации NaCN

Наименование	Значение показателя при концентрации NaCN, г/л				
	0,25	0,5	0,75	1,0	2,0
Содержание Au в кеке пробы, г/т	0,31±0,10	0,37±0,10	0,34±0,10	0,23±0,10	0,23±0,10
Извлечение Au из пробы, %	51,6	42,2	46,9	64,1	64,1
Расход NaCN для пробы, кг/т	0,4	0,6	1,1	1,1	4,0

Таблица 7

Содержание основных элементов и соединений в исходной воде прудка

Наименование	Показатель	Наименование	Показатель
Ca <sup>2+</sup> (мг/дм <sup>3</sup> )	520	Cr (мг/дм <sup>3</sup> )	< 0,05
Mg <sup>2+</sup> (мг/дм <sup>3</sup> )	< 1,0	As (мг/дм <sup>3</sup> )	25,0
Fe <sub>общ</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	0,25	K (мг/дм <sup>3</sup> )	515,0
Cl (мг/дм <sup>3</sup> )	510,0	Na (мг/дм <sup>3</sup> )	550,0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (мг/дм <sup>3</sup> )	450,0	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (мг/дм <sup>3</sup> )	320,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (мг/дм <sup>3</sup> )	60	Pb (мг/дм <sup>3</sup> )	0,10
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (мг/дм <sup>3</sup> )	1800	Zn (мг/дм <sup>3</sup> )	< 0,05
Mn (мг/дм <sup>3</sup> )	0,058	Ni (мг/дм <sup>3</sup> )	0,045
Cu (мг/дм <sup>3</sup> )	0,116	Co (мг/дм <sup>3</sup> )	0,12

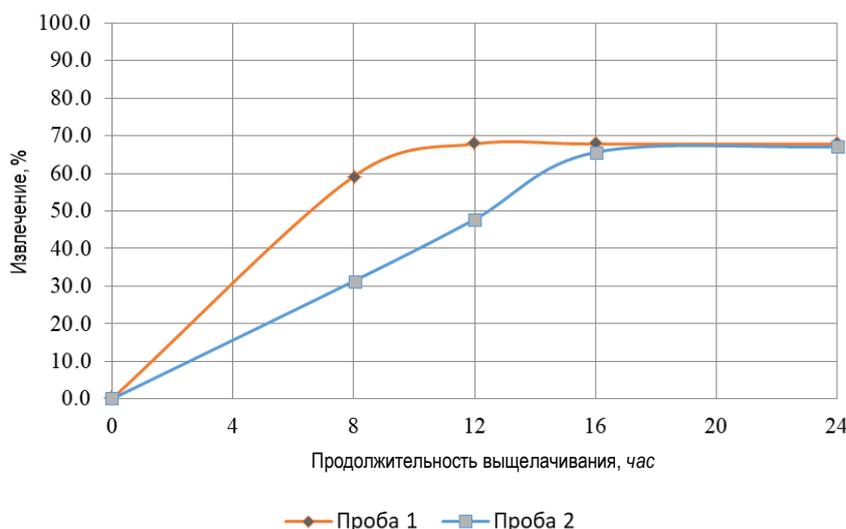


Рис. 1. Зависимость извлечения золота от продолжительности выщелачивания

Ёмкость насыщенных сорбентов по Au достигала более 0,69-1,0 мг/г, однако в динамическом противоточном процессе сорбционного цианирования хвостов ЦКВЗ из-за невозможности достижения статического равновесия ожидаемая ёмкость обоих сорбентов по Au составляет ~ 0,3-0,4 мг/г.

Далее изучалась зависимость извлечения золота от продолжительности сорбционного выщелачивания на навесках хвостов кучного выщелачивания крупностью – 80% класса -0,071 мм. Навески массой по 400 г цианировали на лабораторной установке при Ж:Т=1:1, концентрации NaCN – 1,0 г/л, расходе извести – 4,3 кг/т в течение 8 ч, 12 ч, 16 ч и 24 ч с добавлением сорбента – активиро-

ванного угля в количестве 5% об. от объёма пульпы. В конце сорбент отделяли от пульпы на сите 0,5 мм, пульпу фильтровали, кек промывали, высушивали и сдавали на пробирный анализ.

Результаты анализа кеков представлены в табл. 5.

Графическая зависимость извлечения Au от продолжительности выщелачивания представлена на рис. 1.

Из представленных данных следует, что для достижения максимального извлечения золота достаточно 16 ч выщелачивания при концентрации NaCN 1 г/л.

Были проведены опыты по поределению оптимальной концентрации NaCN. Навески массой по 400 г цианировали на лабораторной установке «Катюша» при Ж:Т=1:1, концентрации NaCN – 0,25 г/л; 0,5 г/л; 0,75 г/л; 1,0 г/л; 2,0 г/л, расходе извести – 4,3 кг/т в течение времени, определённого как оптимальное – 16 ч с

добавлением сорбента – активированного угля в 5% об. от объёма пульпы. Результаты опытов представлены в табл. 6.

Очевидно, что при концентрации NaCN 1,0 г/л обеспечивается извлечение золота 64,1%.

В целях изучения возможности применения в процессе цианирования водооборота, и тем самым обеспечив сокращение потребления свежей воды, был изучен солевой состав прудковых вод действующего хвостохранилища.

При этом, как правило, использование оборотных вод хвостохранилищ сопряжено с рядом трудностей из-за высокого содержания солей цветных, благородных и щёлочноземельных металлов,

Таблица 8  
Содержание золота, серебра и примесей в исходной воде прудка и после сорбции

Наименование	Концентрация, мг/л						
	Au	Ag	Cu	Fe	Ni	Zn	
Исходная вода	0,035	0,16	2,0	0,35	0,87	0,15	
Вода после сорбции	уголь	0,01	0,1	0,47	следы	0,63	0,12
	смола	0,015	0,12	1,75	следы	0,69	0,11

Таблица 9  
Содержание золота, серебра и примесей в сорбентах

Сорбент	Содержание элементов, мг/г					
	Au	Ag	Cu	Ni	Fe	Zn
уголь	0,60	1,34	25,6	4,5	1,00	0,75
смола	0,58	0,66	23,2	3,0	0,56	0,87

а также органических соединений, которые в свою очередь отрицательно влияют на технологический процесс. Солевой состав прудковых вод приведён ниже в табл. 7, где рН=9, жёсткость воды составляет 25,9 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

При этом, в целях определения принципиальной возможности очистки оборотных вод от вышеназванных примесей, были проведены глубокие исследования с применением сорбентов – активированный уголь и анионит (ионообменная смола).

Сорбция из вторичных вод проведена в динамическом режиме, при котором порции сорбентов помещены в специальные колонки, через которые непрерывно пропускали исходную воду из прудка хвостохранилища.

Изменение состава исходной воды с прудка и после сорбции представлено в табл. 8.

По результатам анализа проведённых испытаний установлено, что уголь в процессе сорбции проявляет более селективные сорбционные свойства по металлам-примесям, в сравнении с ионообменной смолой, что улучшает показатели по степени очистки оборотной воды от металлов примесей. При этом ёмкость угля по зо-

Таблица 10  
Результаты сравнения использования прудковых вод при сорбционном цианировании

№	Наименование	Исходное содержание Au в пробе, г/т	Содержание Au в кеке после сорбции, г/т	Извлечение Au от исходного, %
1.	Технологическая вода	0,58	0,142	75,5
2.			0,140	75,9
3.			0,139	76
4.			0,141	75,7
5.	Прудковая вода	0,58	0,130	77,6
6.			0,129	77,8
7.			0,131	77,4
8.			0,131	77,4

Примечание: Условия цианирования: измельчения 80,0 % класса минус 0,071 мм рН 10,5-11,0, отношение Ж:Т=1:1, продолжительность цианирования 20 ч., расход извести – 7,0 кг/т (активность СаО – 63 %), концентрация NaCN 1,0 г/л

лоту и серебру заметно превышает ёмкость смолы при прочих равных условиях (табл. 9).

В связи с этим, в дальнейших исследованиях в качестве сорбента использовался активированный уголь. На нём проведён ряд экспериментов с целью изучения кинетики сорбции.

Работа заключалась в сорбции золота из оборотной воды на сорбент (порциями по 1 г) в динамическом режиме ( $V=3$  л/ч). При этом через 12, 24, 36, 48, 72 и 96 ч порции сорбента извлекались из колонн и анализировались на содержание золота.

Результаты представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, максимальная ёмкость сорбента по золоту достигается за 90 ч и составляет 0,8 мг/г. По результатам проведённых работ произведён расчёт опытно-промышленной локально-сорбционной установки (ЛСУ) с использованием сорбционных напорных колонн (рис. 3).

Для введения установки в производство были приняты оригинальные компоновочные решения. Обычно ЛСУ устанавливается вблизи прудка на участке хвостохранилища, что сопровождается

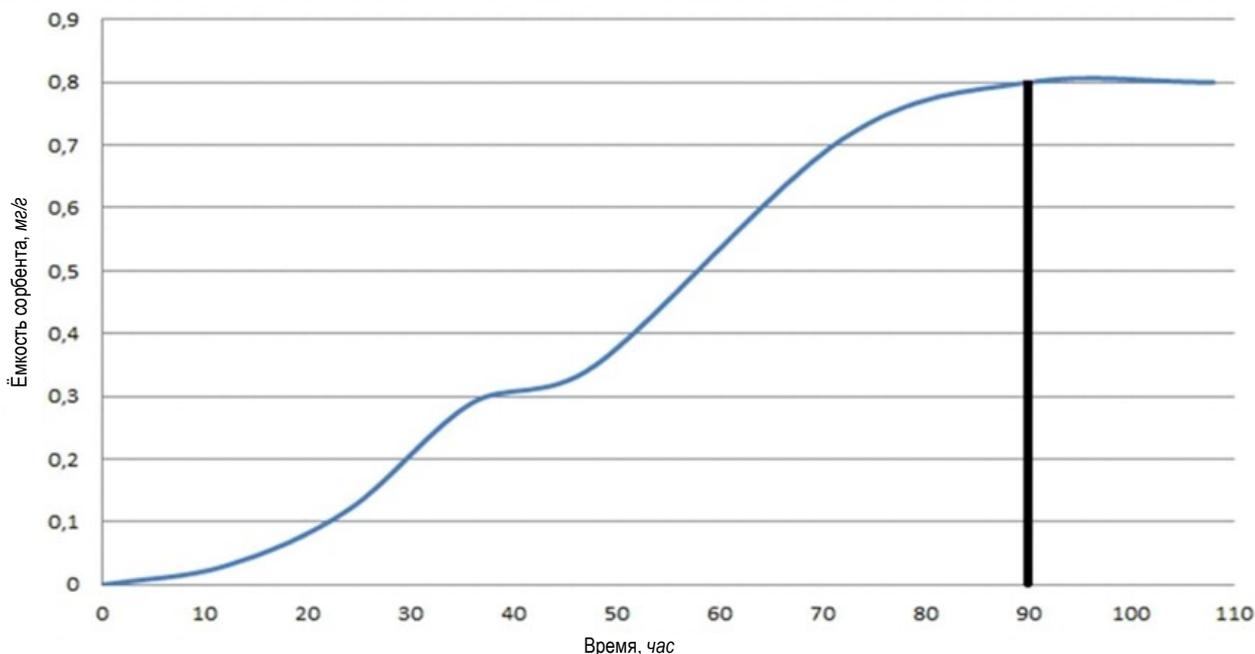


Рис. 2. Зависимость насыщения сорбента золотом от времени сорбции из оборотной воды с исходной концентрацией  $C_{исх.} = 0,035$  мг/л

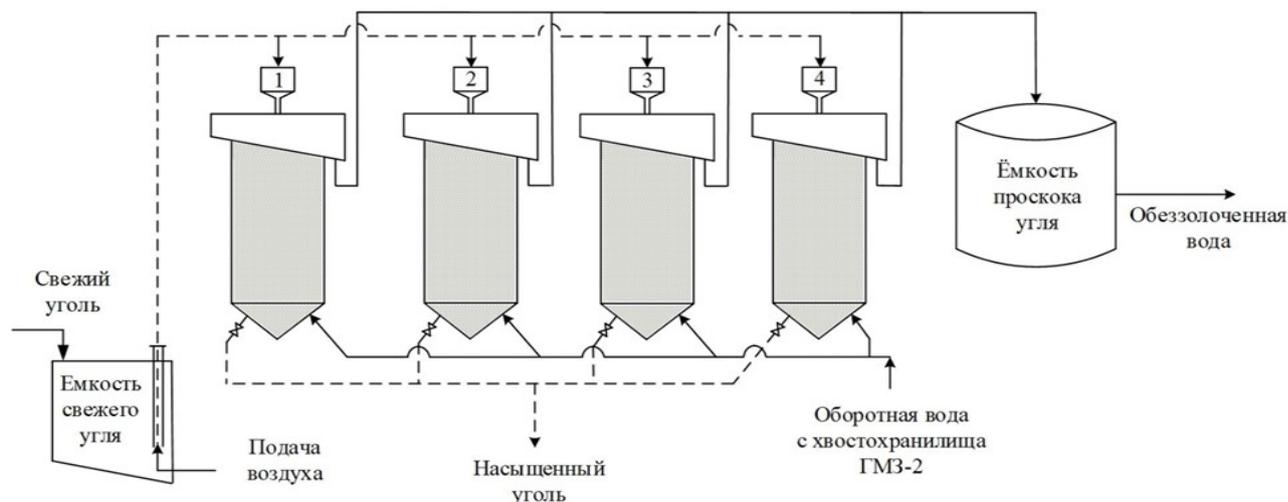


Рис. 3. Аппаратурная схема ЛСУ

такими проблемами как отсутствие инфраструктуры для его обслуживания, обязательное создание мероприятий по сохранности драгоценных металлов, которые влекут за собой дополнительные расходы.

В данном случае ЛСУ внедрена на территории завода по ходу движения оборотной воды полностью исключая выше названные дополнительные расходы. Эта технологическая схема очистки оборотных вод позволяет использовать их в шихте с техническими водами для переработки техногенных отходов кучного выщелачивания.

Также, при очистке оборотных вод дополнительно извлекаются золото и серебро. Для сравнения влияния использования прудковых вод при сорбционном цианировании на показатели извлечения золота были проведены опыты с использованием прудковых вод. Результаты приведены в табл. 10. Результаты показали что при

использовании технической воды при сорбционном цианировании, извлечение золота составило 75,8% и при использовании прудковых вод 77,6% соответственно (на 1,8% больше).

При использовании прудковых вод, значительно сокращается расход цианида натрия, что даёт дополнительный экономический эффект.

Повторное вовлечение в оборот вод хвостохранилищ перерабатывающего предприятия и других источников является весьма эффективным решением снижения расхода свежей воды.

Таким образом, проведенные исследования способствуют повторному экономически оправданному использованию отходов ЦКВЗ с целью доизвлечения золота, и даёт возможность снизить себестоимость получаемого металла за счёт использования прудковых вод хвостохранилища.

**НФ-630; НФ-1200М-03**

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ  
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ СТАНОК**



**NMZ**  
Металлы, машины и методы

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ В ПЕЧИ ОБЖИГА ГМЗ-3



**Санакулов К.,**  
председатель правления – генеральный директор АО «НГМК», д.т.н., профессор



**Куролов А.А.,**  
начальник ЦПБ АО «НГМК», к.т.н., доцент

*Qimmatbaho metallar narxlarining ishonchli o'sishi va konlarning tog'-geologik sharoitlarining yomonlashishi natigasida jahon oltin qazib olish sanoati asta-sekin asosan tarkibida olingugurt va organik uglerod miqdori yuqori bo'gan murakkab tarkidli rudalarni qazib olish va qayta ishlash o'tmoqda. NKMK mutaxassislari va Germaniyaning Engineering Dobersek kompaniyasining birgalikdagi sa'y-harakatlari tufayli 3-GMZda ushbu turdagi xom ashyoni qayta ishlash bo'yicha innovatsion yutuqqa erishildi.*

*Ushbu maqolada ishlab chiqilgan va foydalanishga topshirilgan uziga xos pech – aylanma yotqizilgan qatlamli pechning tuzulish xususiyatlari va ishlash prinsipi keltirilgan. Ishlab chiqilgan model asosida murakkab tarkibli oltin boyitmalarni kuydirish pechida qayta ishlash samaradorligini oshirishning mumkin bo'lgan variantlari va kuydirish jarayonining haroratini tartibga solish usullari keltirilgan.*

**Tayanch iboralar:** murakkab tarkidli rudalar, aylanma suyuq qatlamli pech, qaytar siklon, oksidlovchi kuydirish, pechni harorat rejimi, chiqindi gaz, birlamchi va ikkilamchi havo, issiqlik va material balans.

*На фоне уверенного роста цен на драгметаллы и ухудшения горно-геологических условий месторождений мировая золотодобывающая промышленность постепенно переходит к добычу и переработку особо упорных руд с высоким содержанием сульфидной серы и органического углерода. Инновационного прорыва в переработке подобного рода сырья было достигнуто на ГМЗ-3 благодаря совместным усилиям специалистов НГМК и немецкой компании «Engineering Dobersek».*

*В данной работе представлены конструктивные особенности и принцип работы разработанной и запущенной в эксплуатацию уникальной печи – печи с циркулирующим псевдооживленным слоем. На основании разработанной модели рассмотрены возможные варианты повышения эффективности переработки упорных золотосодержащих концентратов в печи обжига и пути регулирования температуры процесса обжига.*

**Ключевые слова:** упорные руды, печь с циркулирующим псевдооживленным слоем, циклон возврата, окислительный обжиг, температурный режим печи, отходящий газ, первичный и вторичный воздух, тепловой и материальный баланс.

В 2019 году специалистами НГМК совместно с немецкой компанией «Engineering Dobersek» на ГМЗ-3 была запущена в эксплуатацию печь с циркулирующим псевдооживленным слоем (ППС). Объект введен в эксплуатацию в рамках реализации инвестиционного проекта «Усовершенствование технологии извлечения золота из упорных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау», предусматривающее строительство новых комплексов фильтрации, сушки и обжига со вспомогательными процессами.

Реализации проекта предшествовал комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных высококвалифицированными специалистами АО «НГМК», направленных на поиск, разработку и внедрение эффективных способов, увеличения уровня сквозного извлечения золота на ГМЗ-3 при переработке упорных сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау.

В результате выполненных работ разработана принципиально новая технология, позволяющая осуществлять переработку некондиционных сбросных продуктов золотого производства и позволяющая доизвлечение из них дополнительного количества золота.

Уникальная и не имеющая аналогов в мире новая технология, защищена Патентом Республики Узбекистан № IAP 05134 «Способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд». За разработку и внедрение данного патента в производство, впервые в истории горно-металлургической промышленности Республики Узбекистан, сотрудникам АО «НГМК» была присуждена золотая медаль Всемирной Организации Интеллектуальной Собственности (ВОИС) при ООН «За изобретательство» [1].

Кроме того, специалисты комбината и немецкой компании «Engineering Dobersek» совместно получили международный патент Германии на оборудование нового технологического процесса (Патент DE 102018108860) [2].

При реализации проекта использовано самое современное высокотехнологичное и энергоэффективное оборудование, а также системы автоматизации крупнейших компаний в области металлургической промышленности, среди них: мембранные фильтр-прессы компании «Тепова» (Италия), сушильные барабаны и измельчительное оборудование компании «Semtec» (Австрия), грануляторы фирмы «Eirich» (Германия), оборудование обжигового узла фирмы «Envirotherm» (Германия) и многое др.

Основным узлом технологии является процесс обжига концентратов упорных и особо упорных золотосодержащих руд месторождений Кокпатас и Даугызтау, состоящий из печи с циркулирующим псевдооживленным слоем и циклона возврата, воздухонагревателя (Luvo), а также комплексной системы аспирации и газоочистки.

Псевдооживленным (или кипящим) называется слой мелкодисперсного материала, продуваемый снизу вверх потоком какого-либо газа со скоростью, превышающей предел устойчивости плотного слоя, но недостаточной для выноса частиц из слоя (рис. 1).

Переход неподвижного слоя в кипящий происходит при такой скорости оживающего агента, когда гидродинамическое давление потока  $P$  уравновешивает силу тяжести  $G$ , действующую на частицы.

При дальнейшем увеличении скорости слой вначале расширяется при неизменном гидравлическом сопротивлении, а при достижении условия  $P > G$  частицы начинают выноситься из слоя.

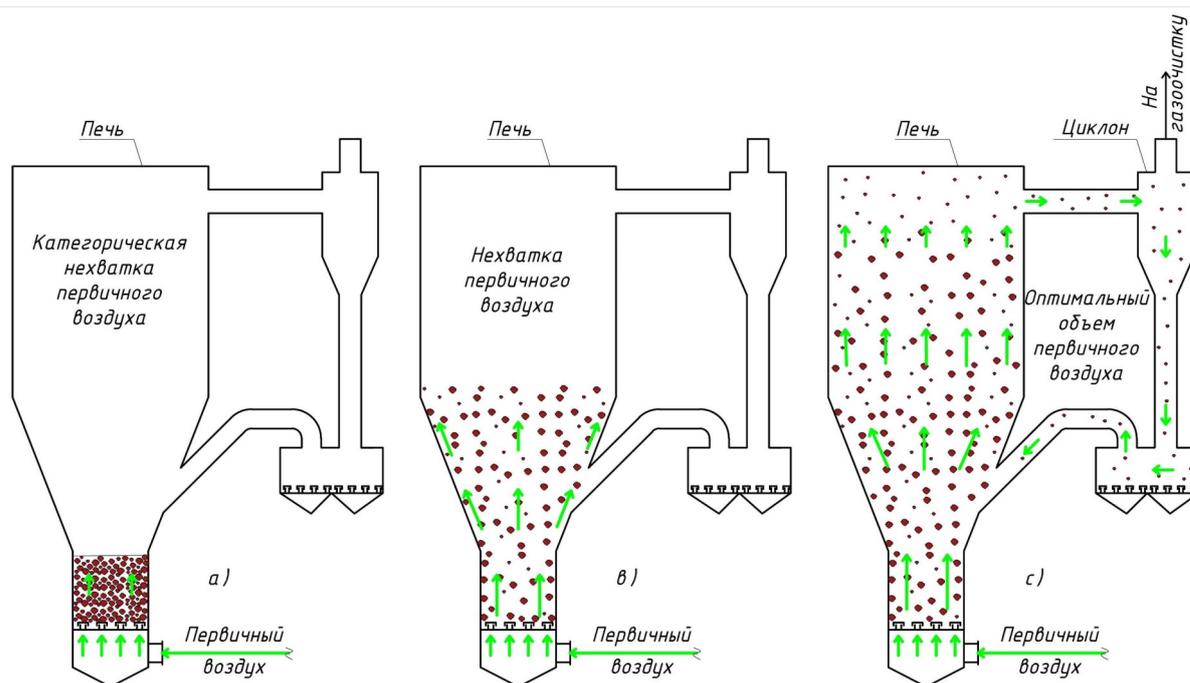


Рис. 1. Принципиальная схема формирования работы печи кипящего слоя: а – при категорической нехватке первичного воздуха; в – при нехватке первичного воздуха; с – при подаче оптимального объема первичного воздуха

- минимальную скорость, при которой начинается псевдооживление, называют первой критической скоростью  $W_{кр1}$ ;
- при второй критической скорости  $W_{кр2}$  аэродинамическая сила становится равной силе тяжести частиц топлива, и начинается их интенсивный вынос из слоя.

На ГМЗ-3 в печи с циркулирующим псевдооживленным слоем обжиг рассчитан на два этапа с рабочей температурой 650-700°C. На первом этапе в нижней, суженной части реактора происходит восстановительная реакция, куда и подается первичный воздух. Стехиометрия кислорода в этой части реактора, куда отгоняется в основном сера, углерод и мышьяк, составляет около 0,5.

На втором этапе в верхней, расширенной части печи происходит окислительная реакция, куда подается вторичный воздух со стехиометрией по всей установке 1,2. В этой части углерод и сера полностью сгорают.

В целях сокращения расхода природного газа на технологию обжига, осуществляется рекуперация тепла (повторное использование тепла) путем предварительного подогрева первичного и вторичного воздуха. Для этого, в Luvo установлены теплообменники и этим достигается, во-первых, снижение температуры отходящего газа, которое требуется для его последующей очистки, а во-вторых, отходящее тепло используется для нагрева атмосферного воздуха, используемого в процессе горения.

В воздухоподогревателях Luvo первичным и вторичным воздухом отбирается тепло в количестве 25 ГДж/ч, которое равно 6 Гкал/ч или 7 МВт.

Общая высота печи с циркулирующим псевдооживленным слоем составляет 30 м. Внутренний диаметр цилиндрической части печи составляет 4,8 м (стехиометрия 1,2), а внутренний диаметр соплового дна - 2,0 м (стехиометрия 0,5).

В настоящее время по форсунам подается первичный воздух в объеме 15 000  $м^3/ч$ , что составляет 32,5% от общего объема воздуха. При этом температура воздуха составляет 470°C, а реальный объем горячего воздуха 34 000  $м^3/ч$  при давлении 1,2 атм. (рис. 2). Небольшая часть вторичного воздуха в объеме 3000-5000  $м^3/ч$

(около 10% от общего объема поступающего в печь воздуха) подается к трем рабочим горелкам/камерам сгорания, которые расположены в нижней части печи со смещением на 120°. На горелки воздух поступает без предварительного нагрева при температуре 70°C и давлении не менее – 1,2 атм.

Оставшаяся часть вторичного воздуха после предварительного нагревания в Luvo до 520°C распределяется по верхнему и нижнему кольцевому трубопроводу и подается по трем равномерно распределенным по окружности соплам вторичного воздуха с высокой скоростью в коническую часть печи для достижения максимальной глубины проникновения.

При этом нижний трубопровод подает горячий воздух на уровне горелок в объеме 10 000  $м^3/ч$  (или 24 206  $м^3/ч$  реального объема), верхний трубопровод в коническую часть печи в объеме 16 000  $м^3/ч$  (или 38 730  $м^3/ч$  реального объема).

При проектировании узла обжига в т. ч. воздухоподогревателя – Luvo была принята концентрация сульфидной серы от 1,0 до 2,0% и органического углерода от 1,5 до 2,0%.

В последнее время из-за изменения горно-геологических условий при добыче упорных руд наблюдается повышение содержания сульфидной серы и органического углерода в поступающей на переработку ГМЗ-3 сырье (табл. 1). При переработке сырья избыточное количество этих химических элементов концентрируется в хвостах сорбционного цианирования.

В результате чего нарушается температурный режим в печи обжига (наблюдается повышение температуры более 800°C).

При таком повышении температуры происходит спекание шихты и его составляющих, что в свою очередь ведет к забиванию пневмозатворов и дозревателя огарка.

В связи с вышеизложенным, на сегодняшний день вопрос управления температурным режимом печи обжига с целью недопущения снижения производительности и эффективности процесса обжига в условиях изменения технологических свойств поставляемого сырья на ГМЗ-3 является актуальной задачей усовершенствования технологического процесса.

Таблица 1

Тепловой и материальный баланс печи кипящего слоя ГМЗ-3

Наименование	Приход					Расход				
	Объем	Масса	Теплота горения	Температура	Q	Объем	Масса	Теплота горения	Температура	Q
	нм <sup>3</sup> /ч	кг/ч	кДж/(кг·К)	°С	МДж	нм <sup>3</sup> /ч	кг/ч	кДж/(кг·К)	°С	МДж
Исходное сырье		51 340	0.84	60	14 361		37 765	0.65	600	21 430
Влага		9 779	4.18	60	2 453		6 664	1.00	600	5 818
Материал, всего		61 119								
Горение пирита		6 055	6.29%		41 173	2 430	4 763	1.21	650	5 319
Горение углерода		1 299	2.53%		32 800	110	85	1.21	650	95
Воздух для хим. Реак.	26 320	33 953		-		2 258	6 459	0.83	650	4 948
Горение природного газа	43	31			1 615	325	406	1.15	650	431
Воздух на горелки	411	530				20 839	26 049	1.15	650	27 650
Воздух всего	46 000	59 340	172%			15 312	19 140	1.15	650	20 316
потребный воздух	26 731	34 483	100%			3 998	5 717	1.07	650	5 646
избыточный воздух	19 269	24 857	72%			12 224	9 779	4.18	650	38 182
На горелку	5 000	6 450		70	2 212	4 492	3 594	4.18	650	14 032
Вторичный воздух	26 000	33 540		520	26 597	220	69	4.18	650	271
Первичный воздух	15 000	19 350		470	14 377					1 266
Всего без природного газа					143 777					- 1 627
Всего:	46 043	120 490			145 392	62 208	120 490			145 404

Таблица 2

Тепловой и материальный баланс печи кипящего слоя ГМЗ-3 (Планируемая схема)

Наименование	Приход				Расход				Температура	Q
	Объем	Масса	Теплотворность	Теплота горения	Объем	Масса	Теплотворность	Теплота горения		
	м <sup>3</sup> /ч	кг/ч	кДж/(кг·К)	кДж/кг	м <sup>3</sup> /ч	кг/ч	кДж/(кг·К)	кДж/кг	С	МДж
Исходное сырье		65 000	0,84			46 963	0,65		600	26 649
Влага		12 381	4,18			8 288	1,00		600	7 235
Материал, всего		77 381								
Горение пирита		9 750	8,00%	6 800	3 648	7 150	1,21		650	7 985
Горение углерода		1 950	3,00%	32 800	113	87	1,21		650	97
Воздух для хим. Реак.	41 126	53 052			3 636	10 400	0,83		650	7 967
Горение природного газа	44	32		37 560	333	416	1,15		650	441
Воздух на горелки	420	542			32 562	40 702	1,15		650	43 203
Воздух всего	53 000	68 370	128%		9 102	11 377	1,15		650	12 077
потребный воздух	41 546	53 594	100%		2 377	3 398	1,07		650	3 356
избыточный воздух	11 454	14 776	28%		15 476	12 381	4,18		650	48 341
На горелку	5 000	6 450		1,00	5 688	4 550	4,18		650	17 765
Вторичный воздух	33 000	42 570		1,00	225	71	4,18		650	277
Первичный воздух	15 000	19 350		1,00						1 266
Всего без природного газа										- 1 663
ВСЕГО	53 044	145 783			73 158	145 783				176 661

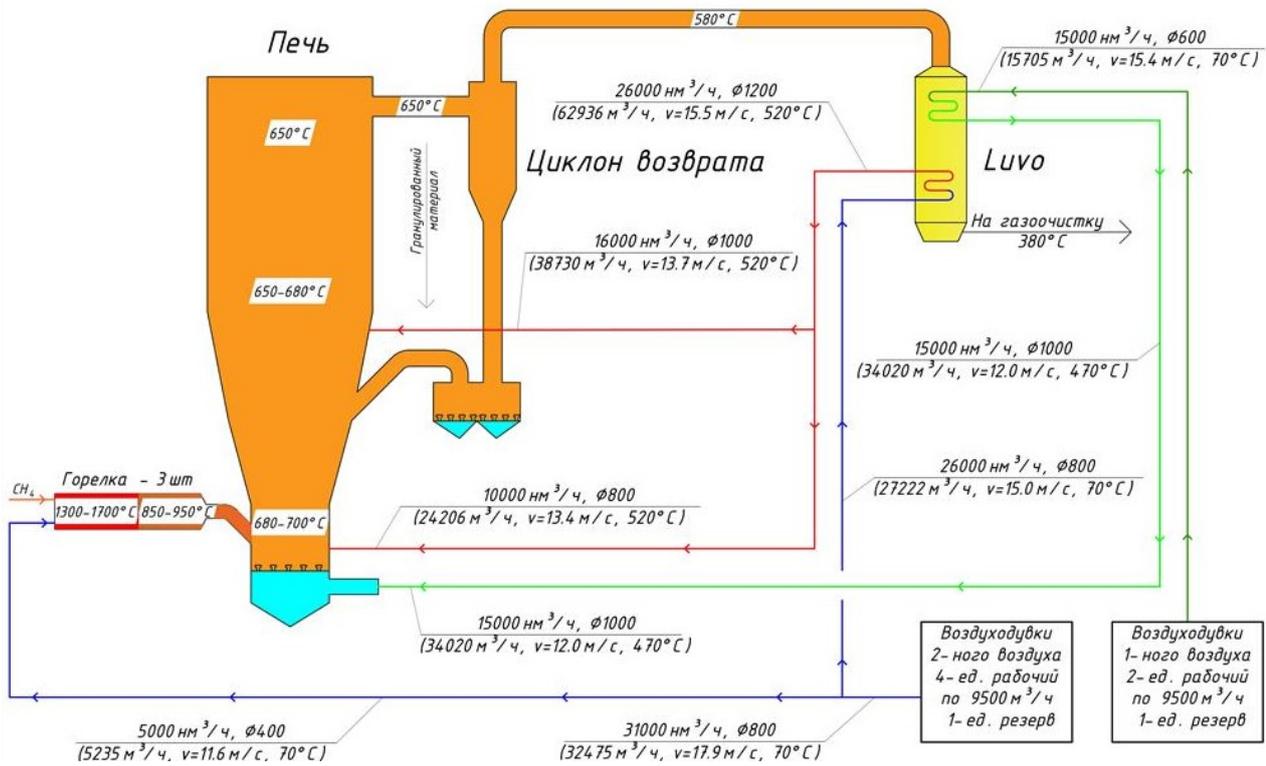


Рис. 2. Существующая схема работы печи кипящего слоя на ГМЗ-3

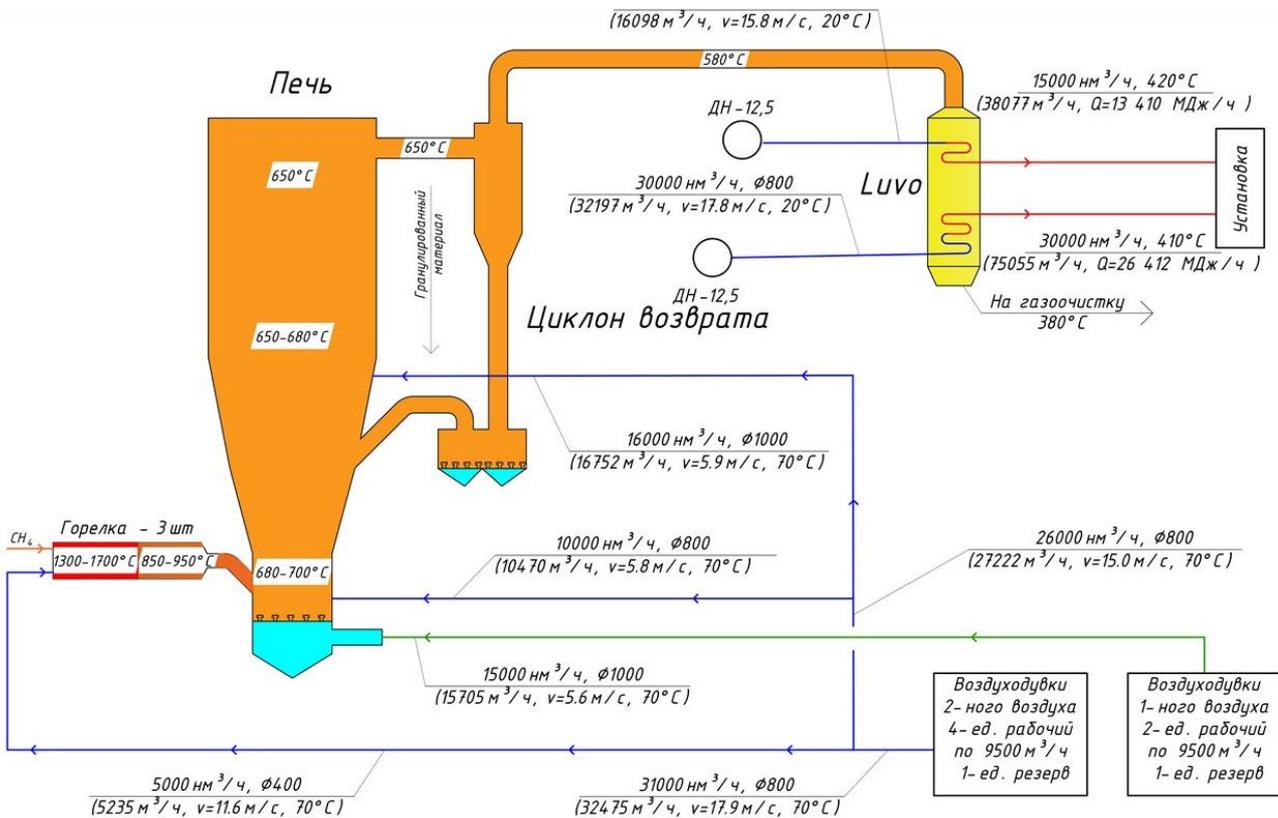


Рис. 3. Планируемая схема работы печи кипящего слоя на ГМЗ-3

В целях бесперебойной работы технологического оборудования контура обжига, стабилизации температурного режима, повышения эффективности и сохранения производительности по окислительному обжигу исходного продукта при высоком содержании сульфидной серы (до 10%) и органического углерода (до 5%) специалистами Комбината изучаются теоретические основы, создаются математические модели и практически реализовывается подача первичного и вторичного воздуха в печь без предварительного нагрева в существующих воздухоподогревателях Luvo (рис. 3).

Предварительные расчёты показывают, что переход на холодное дутьё позволят печи эффективно работать при содержании сульфидной серы до 8,0% и органического углерода 3,0% с производительностью 65,0 т/ч сухого материала (по влажному 80,0 т/ч). При этом подача воздуха составляет 53 000 м<sup>3</sup>/ч, а избыточный воздух 28% (табл. 2).

Предварительными расчётами определено, что для достижения эффективной работы печи производительностью 80,0 т исходного сырья с содержанием сульфидной серы до 10,0% и органического углерода 3,0% необходимо подавать в печь воздух в объёме 70 000 м<sup>3</sup>/ч с температурой менее 70°C. При этом избыточный воздух составляет 49%.

Таким образом, проведёнными теоретическими расчётами определена возможность повышения эффективности переработки упорных золотосодержащих концентратов с высоким содержанием сульфидной серы и органического углерода в печи обжига ГМЗ-3, которые будут апробированы в производственных условиях.

Кроме этого, для обеспечения стабильной работы последующих узлов газоочистки необходимо осуществить охлаждение отходящих газов до температуры менее 400°C, путём включения в

существующие воздухоподогреватели Luvo индивидуальные системы отвода тепла.

Рассматривается 2 варианта отвода тепла:

1-вариант. Отвод тепла с помощью подачи в существующие теплообменники Luvo атмосферного воздуха дымососами в необходимом объёме, с получением горячего воздуха – 400°C, с последующей утилизацией путём получения насыщенного пара для выработки электроэнергии.

2-вариант. Отвод тепла путём установления в Luvo водяного теплообменника с получением насыщенного пара высокого давления (не менее 15 атм.) для выработки электроэнергии.

Выводы:

1. Наблюдается увеличение содержания в руде сульфидной серы и органического углерода, что требует внесения изменений в действующую технологическую схему обжига на ГМЗ-3.

2. Выполненные предварительные расчёты показали возможность повышения эффективности переработки упорных золотосодержащих концентратов с высоким содержанием сульфидной серы и органического углерода в печи обжига ГМЗ-3.

3. На основании полученных данных, необходимо разработать математическую модель работы псевдоожиженной печи и алгоритм регулирования температуры процесса обжига, температуры и производительности первичного и вторичного потоков воздуха, для обеспечения требуемой производительности и эффективности печи обжига.

4. В связи с уносом в атмосферу отходящими газами основного тепла необходимо продолжить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по получению электроэнергии от выбрасываемых газов печи обжига.

#### Библиографический список:

1. Санакулов К.С., Мустакимов О.М. и др. Способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд. Патент Узбекистана IAP 05134.
2. Доберсек А., Мишина О., Санакулов К., Эргашев У. и др. Процесс, установка и установка для добычи золота для повышения извлечения золота в процессе сорбционного выщелачивания. Патент Германии DE 102018108860.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, No. 3 (98) pp. 37-42

#### OPTIMIZING THE PROCESSING OF REFRACTORY GOLD CONCENTRATES USING THE HYDROMETALLURGICAL PLANT No. 3 ROASTING FURNACE

**Sanakulov K.**, Chairman of the Board - General Director, Doctor of Technical Sciences, Professor.

**Kurolov A.A.**, Head of the Central Design Bureau, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

**JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company», Navoi, Uzbekistan.**

The global gold mining industry is increasingly focused on the exploitation of refractory gold ores characterized by high sulfide sulfur and organic carbon content, driven by rising precious metal prices and declining ore grades. To address the challenges associated with processing these complex ores, a novel circulating fluidized bed (CFB) roaster has been developed and implemented at HMP-3 through a collaboration between NMMC and Engineering Dobersek. This study presents the design and operational principles of this unique CFB roaster. Furthermore, a process model is employed to investigate strategies for optimizing refractory gold concentrate processing efficiency within the roaster, including the manipulation of key operating parameters such as temperature control through primary and secondary air regulation.

**Keywords:** refractory gold ore, circulating fluidized bed roaster, cyclone, oxidative roasting, temperature control, off-gas, primary air, secondary air, heat and mass balance.

#### Bibliographic list:

1. Sanakulov K.S., Mustakimov O.M. et al. Method for extracting gold from refractory sulfide gold-arsenic ores. Uzbekistan patent IAP 05134.
2. Dobersek A., Mishina O., Sanakulov K., Ergashev U. et al. Process, installation and installation for gold mining to increase gold recovery in the process of sorption leaching. German patent DE 102018108860.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОФРИКЦИОННОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ С ИМПУЛЬСНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ СТАЛИ 110Г13Л



**Махмудов Л.Н.,**  
докторант кафедры  
«Технология машиностроения»  
НГГТУ



**Шеров К.Т.,**  
профессор кафедры  
МО КазАТИУ им. С. Сейфуллина,  
д.т.н., Академик КазНАЕН



**Мардонов Б.Т.,**  
ректор НГГТУ,  
д.т.н., профессор



**Толганай Ж.,**  
докторант  
кафедры ТОМиС КарТУ  
им. А. Сагинова

*Ushbu maqolada Gadfield po'latining (110G13L) impulsli sovutish bilan termofriksion frezalash orqali ishlov beriluvchanligini o'rganish natijalari keltirilgan. 110G13L po'latni kesib ishlash bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili o'tkazildi. 110G13L po'latni kesib ishlash usullarini tadqiq qilish va mexanik ishlov berishga bag'ishlangan ilmiy ishlar kamligi ma'lum bo'ldi. Ishlab chiqarishda 110G13L po'latiga kesib ishlov berishda asosan xorijiy ishlab chiqaruvchilarning kesuvchi plastinalari ishlatiladi. Shunga qaramay, tez yeyilish, uvalanish va sinish tufayli kesish asboblarini ortiqcha iste'mol qilish muammo bo'lib qolmoqda va 110G13L po'latdan yasalgan qismlarni ishlab chiqarish narxiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Ushbu muammoni hal qilish uchun mualliflar 110G13L po'latini impulsli sovutish bilan termofriksion frezalash yordamida kesib ishlashni taklif qilishadi. Ishqalanish frezasi 45 po'latdan yasaladi va unung emirlichiga qarshiligi standart kesish asboblaridan bir necha baravar yuqori. Eksperimental tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatdiki, Gadfield po'latini impulsli sovutish bilan termofriksion frezalashda yaxshi kesish mumkin. Ishlov berilgan sirtning sifat ko'rsatkichlarining (g'adir-budirlik va qattiqlik) kesish holatiga bog'liqligi grafiklari tuzildi. Aniqlanishicha, shpindelni aylanish chastotasi oshirish ishlov beriladigan yuzaning g'adir-budiriligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi va surish tezligini oshirish, aksincha, uni yomonlashtiradi. Bunday holda, ishlov beriladigan yuzaning qattiqligiga kesish sharoitlarining ta'siri monotonik bo'lib, surish tezligi va shpindelni aylanish chastotasini oshishi bilan ishlov beriladigan yuzaning qattiqligining oshishi kuzatiladi.*

*Rudani qabul qiluvchi bunkerning "Bronelita" detalini funktsional maqsadini hisobga olgan holda, ishlov berilgan yuzaning g'adir-budirliги  $R_z \leq 10$  mkm va yuzaning qattiqligini  $\approx HB670$  ta'minlaydigan kesish rejimlarining optimal qiymatlari aniqlandi.*

**Tayanch iboralar:** qiyin kesiluvchi material, Gadfield po'lati, termofriksion frezalash, impulsli sovutish, ishqalanish frezasi, kesuvchi plastinalar, eyilish, uvalanish, qattiqlik, g'adir-budirlik, optimal frezalash rejimlari, tannarx.

*В данной статье приводятся результаты исследования обрабатываемости стали Гадфильда (110Г13Л) способом термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением. Проведен анализ научных исследований, выполненных по обработке, стали 110Г13Л. Было выявлено, что научные работы, посвященные исследованию и разработке способов механической обработки, стали 110Г13Л практически отсутствуют. На производстве при обработке стали 110Г13Л в основном применяются пластины зарубежных производителей. Несмотря на это, проблема чрезмерного расхода режущего инструмента из-за быстрого их износа, скола и поломки остается и повышает себестоимость изготовления деталей из стали 110Г13Л. Для решения данной проблемы авторы предлагают обработку стали 110Г13Л способом термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением. Фреза трения изготавливается из стали 45, при этом обладает высокой износостойкостью, превышающей в несколько раз стойкость стандартных режущих инструментов. Результаты экспериментальных исследований показали, что сталь Гадфильда хорошо поддается резанию при термофрикционном фрезеровании с импульсным охлаждением. Были построены графики зависимости показателей качества (шероховатости и твердости) обработанной поверхности от режимов резания. Выявлено, что увеличение частоты вращения шпинделя положительно влияет на шероховатость обработанной поверхности, а увеличение скорости подачи, наоборот, его ухудшает. При этом влияние режимов резания на твердость обработанной поверхности имеет монотонный характер и с увеличением значения скорости подачи и частоты вращения шпинделя наблюдается повышение твердости обработанной поверхности.*

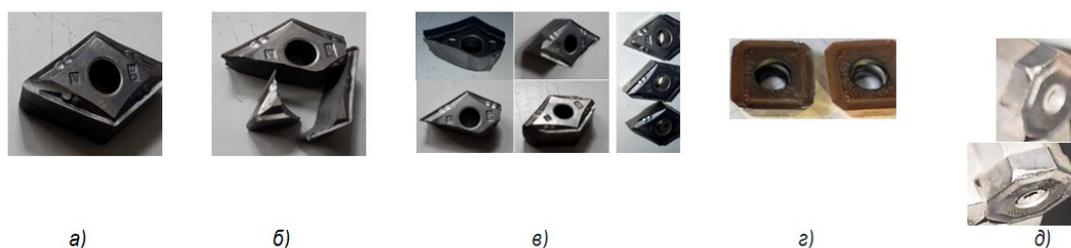
*С учетом функционального назначения детали «Бронеплита» рудоприёмного бункера были определены оптимальные значения режимов резания, которые позволяют обеспечить шероховатость обработанной поверхности  $R_z \leq 10$  мкм и твердость обработанной поверхности  $\approx HB670$ .*

**Опорные слова:** труднообрабатываемый материал, сталь Гадфильда, термофрикционное фрезерование, импульсное охлаждение, фреза трения, пластины, износ, сколы, твердость, шероховатость, оптимальные режимы фрезерования, себестоимость.

Одной из основных проблем механообрабатывающей отрасли является изготовление деталей из труднообрабатываемых материалов. К числу которых относится аустенитная сталь Гадфильда (110Г13Л). Сталь 110Г13Л обладает высокой пластичностью и степенью износа, сильно упрочняется в процессе резания, твёрдость упрочнённого слоя становится соизмеримой с твёрдостью инструмента. Из стали 110Г13Л изготавливаются такие детали, как гусеничные траки для тракторов, коронки землеройных машин,

била, щёки (тиски) дробилок, бронеплиты горно-шахтного оборудования, рельсовые крестовины и стрелочные переводы, шарiki и пластины мельниц, различные решетки, штыри, втулки и т.д.

При разработке технологии механической обработки заготовок из стали 110Г13Л перед специалистами завода появляется ряд сложностей, связанных с выбором материала режущей части инструмента. В исходном состоянии после закалки сталь 110Г13Л (сталь Гадфильда) имеет аустенитную структуру с твёрдостью HB



**Рис. 1. Изношенные пластины различных производителей при обработке заготовки из стали 110Г13Л: а, б – пластины производства SANDVIK Coromant: новая пластина (а) и после первого прохода обработки (б), изношенные пластины (в); г – изношенные пластины производства компании Korloy (Южная Корея); д – сменные многогранные фрезерные пластины ONMU080612-YG613 Корейской компании YG-1**



**Рис. 2. Фотографии заготовки, фрезы трения и приборов для измерения показателей качества обработанной поверхности: а – образцы из стали 110Г13Л; б, в – фреза трения, вид сверху (а), вид снизу (б); г – эскиз фрезы трения с указанием геометрии; д – прибор TR100 для измерения шероховатости; е, ж – твердомер ультразвуковой ТКМ 459М; L1 – зона нагрева; L2 – зона охлаждения; L – шаг зоны**

260-300 и высокой вязкостью. Под воздействием динамических нагрузок, под влиянием холодной деформации происходит самоупрочнение стали 110Г13Л до НВ 600, от чего сталь трудно поддается обработке резанием или вовсе не поддается [1].

Для обработки стали 110Г13Л в современном производстве в основном применяются пластины от мировых производителей как SANDVIK Coromant (Швеция), ARNO (Германия), EWS (Германия), Garant (Германия) и Domtec (Германия). Однако проблема преждевременного расхода режущего инструмента из-за быстрого их износа, скола и поломки увеличивает себестоимости механической операции.

На рис. 1 показаны преждевременно изношенные пластины различных производителей при обработке заготовки из стали 110Г13Л [2].

При отливке заготовки из стали 110Г13Л на поверхности образуется твердый слой, который очень трудно поддается механической обработке [3]. Из-за твердости поверхности заготовки с первого прохода режущий инструмент истирается на глазах, а также наличие дефектов (раковины, лунки, выемки) приводит к поломке и сколам пластины (рис. 1).

Был проведен анализ научных исследований, выполненных по улучшению механической обработки труднообрабатываемых материалов, в частности, стали 110Г13Л.

В работе [4] для лезвийной обработки деталей из стали 110Г13Л рекомендуется применение резцов, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе

кубического нитрида бора и обработку твердосплавным инструментом с плазменным подогревом. Для точения заготовки после литья по корке предложены круглые пластины из ПСТМ киборит, стойкость которых составляет 60-180 мин.

В работе [5] предложен электроконтактный метод обработки стали 110Г13Л.

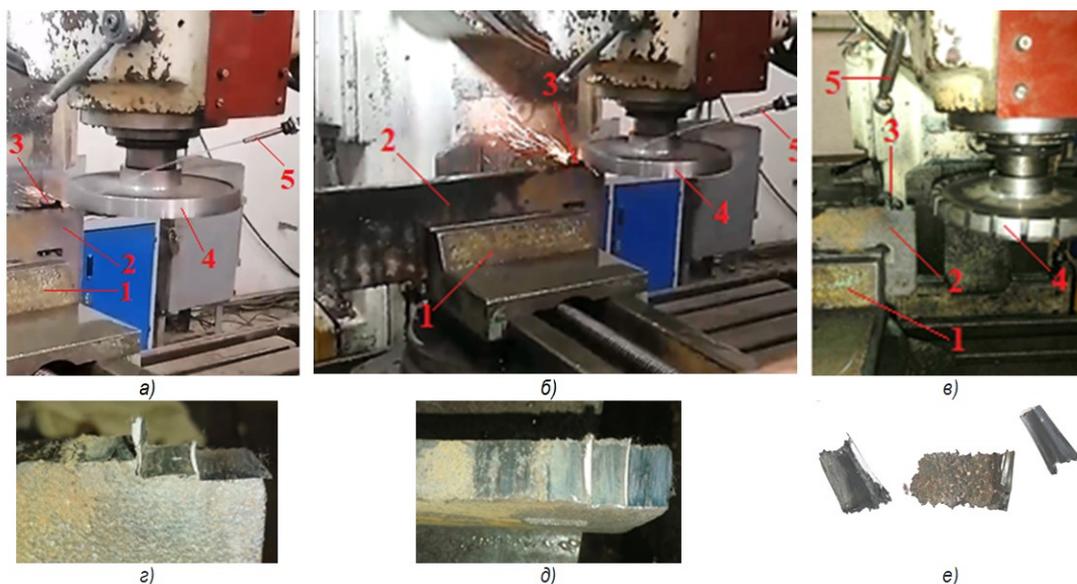
Исследована микротвердость образцов из стали 110Г13Л, обработанных электроконтактным методом. Установлено, что после электроконтактной обработки повышается микротвердость поверхностного слоя, что будет способствовать повышению износостойкости обработанной поверхности.

В работе [6], исследован процесс сверления отверстий в крестовине стрелочного перевода из стали Гадфильда сверлами из быстрорежущей стали Р6М5. Выведены эмпирические зависимости износа по задней грани перемычки и осевой силы от времени резания. Определены практические значения допустимого износа по задней грани и перемычке.

В результате для обработки стали Гадфильда не рекомендуется применять инструмент из быстрорежущей стали из-за экономической неэффективности (1 инструмент на 1,5 мин работы).

В работах [6, 7] также отмечается, что на производствах при обработке стали 110Г13Л определяют режимы резания, марку, геометрию режущего инструмента и т. д. эмпирическим путём, что заметно снижает производительность.

Проведенный анализ научных работ показал, что недостаточно исследована обрабатываемость стали 110Г13Л механическими



**Рис. 3.** Процессы термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением (некоторые обработанные образцы и стружки): а, б – процессы термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением; в – после остановки процесса обработки; г, д - некоторые обработанные образцы; е – стружки; 1 – тиски для зажима заготовки; 2 – заготовка из стали 110Г13Л; 3 – процесс образования стружки; 4 – фреза трения; 5 – трубка для подачи СОЖ

способами резания, не разработана методика и отсутствуют рекомендации по выбору режимов резания. А также использование дорогостоящих режущих инструментов при их высоком расходе увеличивает себестоимость изготовления деталей из стали 110Г13Л. Такое состояние проблемы диктует необходимость разработки ресурсосберегающего способа механической обработки стали 110Г13Л для условий отечественных машиностроительных предприятий.

**Материалы и методы исследования.** Авторами разработан способ термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением [8]. Экспериментальное исследование процесса термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением было выполнено на вертикальном консольно-фрезерном станке модели ВМ-127М. Был изготовлен опытный образец фрезы трения специальной конструкции из стали 45 с геометрическими параметрами (рис. 2 б, в, г):  $\varnothing 250$  мм; зона нагрева  $L_1 = 24$  мм; зона охлаждения  $L_2 = 8$  мм, соответственно шаг  $L = 32$  мм.

Геометрия фрезы трения была выбрана согласно рекомендациям [9, 10].

В качестве образца для термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением была выбрана заготовка детали «Бронеплита» рудоприёмного бункера (рис. 2 а). Твёрдость заготовки НВ 260...300 (HRC 27-33).

Термофрикционное фрезерование проводилось при следующих диапазонах элементов режима резания:  $n_{шп} = 500 \div 2000$  об/мин;  $S = 40 \div 600$  мм/мин;  $t = 1 \div 5$  мм.

При измерении показателей качества обработанных поверхностей использовались современные методы измерения с помощью автоматических приборов TR100 и ТКМ 459М.

На рис. 2 показаны фотографии заготовки, фрезы трения и приборов для измерения показателей качества обработанной поверхности.

На рис. 3 показаны процессы термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением, некоторые обработанные образцы и стружки.

Экспериментально были исследованы влияния режимов термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением на шеро-

ховатость и твёрдость обработанной поверхности. В результате обработки полученных данных были построены графики зависимости показателей качества обработанной поверхности от режимов резания.

На рис. 4 показаны графики влияния режимов термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением на показатели качества обработанной поверхности.

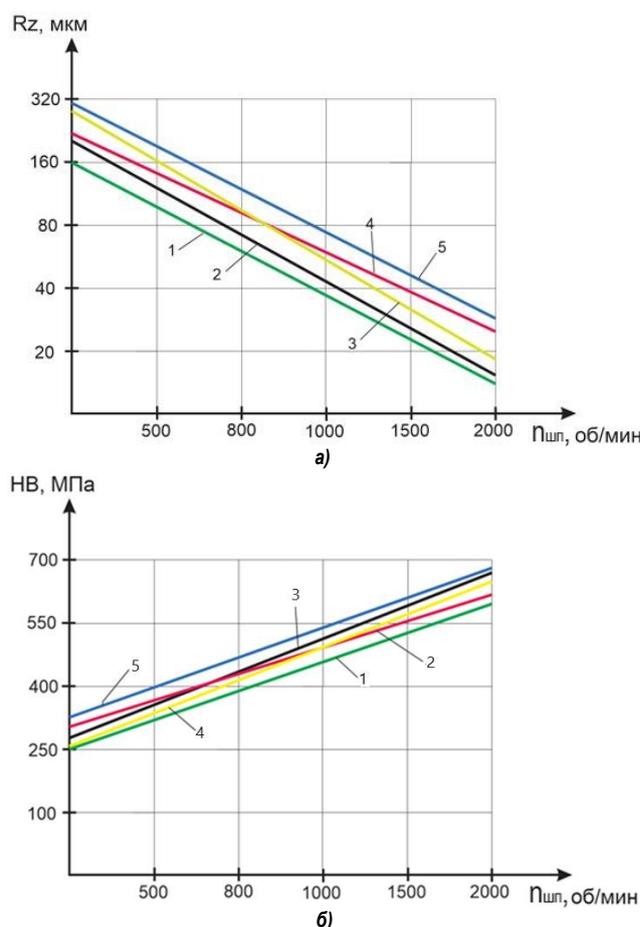
**Результаты исследований и их обсуждение.** Из графиков видно, что влияние режимов термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением на показатели качества носит различный характер. Увеличение частоты вращения шпинделя положительно влияет на шероховатость обработанной поверхности, а увеличение скорости подачи, наоборот, его ухудшает (рис. 4 а).

Однако, при этом необходимо учесть, что снижение подачи приводит к снижению производительности обработки. Поэтому при выборе оптимального значения режимов резания необходимо ориентироваться на обеспечение требуемой шероховатости и исходя из этого нужно определить их оптимальные значения. В нашем случае требуется обеспечение шероховатости  $R_z = 40$  мкм после обработки поверхности детали «Бронеплита» рудоприёмного бункера.

Данное требование выполняется при следующих значениях режимов резания:  $S_4 = 315$  мм/мин;  $t = 2$  мм;  $n_{шп} = 1500$  об/мин (рис. 4 а, прямая 4). Необходимо отметить то, что при снижении скорости подачи ( $S_1 = 40$  мм/мин) и увеличении частоты вращения шпинделя ( $n_{шп} = 2000$  об/мин) была достигнута более качественно обработанная поверхность с шероховатостью  $R_z = 10$  мкм (рис. 4 а, прямая 1).

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что влияние режимов резания на твёрдость обработанной поверхности (рис. 4 б) имеет монотонный характер, т.е. с увеличением значений скорости подачи ( $S$ ) и частоты вращения шпинделя ( $n_{шп}$ ) наблюдается повышение твёрдости обработанной поверхности.

При максимальных значениях скорости подачи ( $S_5 = 630$  мм/мин) и частоты вращения шпинделя ( $n_{шп} = 2000$  об/мин) твёр-



**Рис. 4. Графики влияния режимов фрезерования с импульсным охлаждением на показатели качества обработанной поверхности:** а – влияние частоты вращения шпинделя при различных значениях подачи на шероховатость; б – влияние частоты вращения шпинделя при различных значениях подачи на твердость; 1 –  $S_1 = 40$  мм/мин; 2 –  $S_2 = 80$  мм/мин; 3 –  $S_3 = 160$  мм/мин; 4 –  $S_4 = 315$  мм/мин; 5 –  $S_5 = 630$  мм/мин

дость обработанной поверхности достигается  $\approx$  HB680 (рис. 4б, прямая 5).

Можно отметить двукратное повышение твердости после термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением по сравнению с исходной твердостью (HB 260-300) стали Гадфильда. Условия работы детали «Бронеплита» рудоприёмного бункера требуют высокую твердость обработанных поверхностей.

С учётом данного требования определяем оптимальные значения режимов термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением:  $S = 160$  мм/мин;  $t = 2$  мм;  $n_{шп} = 2000$  об/мин.

При обработке на оптимальных режимах резания можно обеспечить шероховатость обработанной поверхности  $R_z \leq 10$  мкм (рис. 4 а, прямая 3) и твердость обработанной поверхности  $\approx$  HB670 (рис. 4 б, прямая 3).

**Выводы:**

1. Результаты экспериментального исследования показали возможность применения способа термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением для обработки стали 110Г13Л.

2. Установлено, что значение подачи неоднозначно оказывает влияние на показатели качества: увеличение подачи благоприятно сказывается на твердости обработанной поверхности, а уменьшение отрицательно влияет на шероховатость.

3. Исходя из эксплуатационных условий работы детали «Бронеплита» рудоприёмного бункера были определены оптимальные значения режимов термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением:  $S = 160$  мм/мин;  $t = 2$  мм;  $n_{шп} = 2000$  об/мин.

4. Реализация предлагаемой технологии обработки стали 110Г13Л позволяет:

- увеличить производительность относительно механических способов резания в 2,3 раза и стойкость инструмента в более 10 раз;

- применять более доступный, дешевый материал (сталь 45, 50, 60Г) для изготовления инструмента;

- выполнить обработку на более интенсивных режимах резания.

5. Разработаны конструкции и изготовлены опытные образцы специальных фрез трения, технологическая и инструментальная оснастка, необходимая для осуществления термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением при обработке стали Гадфильда (110Г13Л).

#### Библиографический список:

1. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник питейщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
2. Ходжибергенев Д.Т., Шеров К.Т., Касенов А.Ж., Ходжибергенова У.Д. Проблемы выбора технологии обработки ново внедренных материалов в производство // Наука и техника Казахстана. – Павлодар: Изд-во «КЕРЕКУ» ПГУ им. С. Торайгырова, 2018. – № 2. – С. 111-117.
3. Давыдов Н.Г. Свойства, производство и применение высокомарганцевой стали // Н.Г. Давыдов, В.В. Ситнов. – М.: Машиностроение, 1996. – 232 с.
4. Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Мановицкий А.С., Мельничук Ю.А., Манохин А.С. Точение деталей из труднообрабатываемых конструкционных материалов инструментом, оснащенным ПСТМ // Тезисы докладов «Инновационные технологии в машиностроении». – Запорожье, 2011. – С. 16-21
5. Пивень Г.Г., Швоев В.Ф., Муравьев О.П., Байжабагинова Г.А. Исследование наклепа стали 110Г13Л после электроконтактной обработки // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2004. – № 3 (16). – С. 20-22.
6. Аймакин М.А., Семенов Н.А., Пичужников А.В. Исследование обрабатываемости резанием стали Гадфильда // Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы II международной научно - практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. – С. 34-37. <https://doi.org/10.26160/2618-7493-2019-2-34-37>.
7. Аймакин М.А., Семенов Н.А. Исследование операций сверления и нарезания резьбы при обработке маломагнитной высокомарганцевистой аустенитной стали // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19-24 ноября 2018г. Институт металлургии, машиностроения и транспорта. Ч. 2. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 313-316.
8. Шеров К.Т., Мардонов Б.Т., Махмудов Л.Н., Мусаев М.М. и др. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения // Патент №7579 РК на полезную модель. Опубликовано 11.11.2022. Бюл. № 45.
9. Айнабекова С.С., Шеров К.Т., Мусаев М.М., Габдысальк Р., Иманбаев Е.Б. Исследование и определение оптимальной геометрии дисковой пилы для термофрикционной отрезки малоуглеродистой стали // Вестник КазННТУ. – Алматы: Изд-во КазННТУ им. К. Сатпаева, 2020. – № 5 (141). – С. 440-446.
10. Sherov K.T., Ainabekova S.S., Tusupova S.O., Sagitov A.A., Imanbaev E.B. Thermofrictional Cutting with Pulsed Cooling / Russian Engineering Research. Vol. 40, pp. 926–929 (2020). <https://doi.org/10.3103/S1068798X20110179>.

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (РЗЭ) В СОСТАВЕ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ (ЭФК) ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ФОСФОРИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЗНЕК



**Хуррамов Н.И.,**  
начальник отдела научных исследований,  
инноваций и подготовки  
научно-педагогических кадров НГГТУ,  
PhD, доцент



**Рахматова З.,**  
базовый докторант  
НГГТУ



**Нурмуродов Т.И.,**  
проректор  
по научным работами и инновациями,  
д.х.н., профессор

*Ushbu maqolada Aznek koni fosforitlarini sulfat kislotali qayta ishlash natijasida olingan ekstraksiyon fosfor kislotasi laboratoriya tadqiqotlari keltirilgan. Asosiy maqsad seriy guruhi elementlari miqdor jihatdan ittriy guruhidan ko'p bo'lgan fosfor kislotasi tarkibidan kamyob yer elementlarini ajratib olish. Kamyob yer elementlari (KYE) miqdori mass-spektroskopik usul bilan aniqlandi, bu yerda namunalar tarkibida lantan, seriy va neodimning nisbatan yuqori miqdori qayd etilgan, ularning asosiy qismi eritmaga o'tgan. IQ spektroskopik tahlili shuni ko'rsatdiki, lantanoid birikmalarining funksional guruhlari organik tarkibga ega funksional guruhlarga xosdir.*

**Tayanch iboralar:** fosforitli xomashyo, kamyob yer elementlari (KYE), ajratib olish, qayta ishlash, fosforli o'g'itlar, ekstraksiyon fosfor kislotasi (EFK), fosfogilp, spektral tahlil.

*В статье приведены результаты лабораторных исследований получения экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритовых руд месторождения Азнек после сернокислотной обработки образцов фосфоритов. Основной целью было извлечение РЗЭ из фосфорной кислоты, где количество элементов цериевой группы уступало в количественном отношении элементам иттриевой группы. Определено количество РЗЭ масс-спектроскопическим методом, где в образцах отмечено сравнительно высокое количество лантана, церия и неодима, основная масса которых переходила в раствор. ИК-спектроскопический анализ показал, что функциональные группы из числа соединений лантаноидов характерны для функциональных групп с органическим составом.*

**Опорные слова:** фосфоритовые руды, редкоземельные элементы (РЗЭ), извлечение, переработка, фосфорные удобрения, экстракционная фосфорная кислота (ЭФК), фосфогилп, спектральный анализ.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) – группа элементов, состоящих из 17 элементов, которые обладают схожими химическими и физическими свойствами.

В настоящее время, в мировой практике редкоземельные металлы получают методом экстракции из минеральных руд и их концентратов, при которых РЗЭ переходят в раствор. Основным производителем и экспортером РЗЭ на мировом рынке является Китай. РЗЭ в составе фосфоритов встречается в основном в составе фосфатов, кроме того они могут быть сосредоточены в системах сульфидных руд [1-4].

Некоторые страны получают эти металлы при производстве фосфорных удобрений. Например, в России, Индии, Тунисе при производстве экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) в процесс добавляют селективные ионообменные смолы и реагенты для экстракции этих металлов.

В процессе кислотного разложения фосфоритов, в растворе образуется ЭФК, а вместе с этим, большое количество металлов переходит в жидкую фазу, т.е. при производстве фосфорных удобрений, промежуточный процесс получения ЭФК играет особо важную роль [3]. При производстве фосфорсодержащих удобрений в редких случаях РЗЭ не извлекается и остаётся в составе минерального удобрения [5-6].

В настоящее время эти металлы широко применяются в электротехнике, авиации, космонавтике и других отраслях промышлен-

ного производства, и поэтому спрос на производство этих металлов увеличивается и расширяется в мировой практике. Кроме РЗЭ в составе раствора ЭФК встречается также определенное количество урана и тория из группы актиноидов [7-8].

В литературе показано, что при экстракции раствора фосфорной кислоты в раствор, кроме ЭФК извлекается весь спектр катионных элементов, которые вместе с РЗЭ можно осадить в одном комплексе, как смешанные соединения.

При кислотном сернокислотном разложении фосфатов дигидратным методом также в раствор извлекается экстракционная фосфорная кислота со всем спектром катионных элементов, включая и редкоземельные элементы (РЗЭ).

Для извлечения этих металлов из продукционных фосфорсодержащих растворов обычно применяется способ осаждения, метод, основанный на малой растворимости фосфатов и РЗЭ в слабокислых средах, который заключается в нейтрализации фосфорсодержащего раствора, до pH 1-2 щелочным агентом [9].

Особенностью смеси ортофосфатов и редкоземельных металлов является то, что радикальная группа аниона  $PO_4^{3-}$  обладает сравнительно большими размерами и поэтому образует наиболее устойчивые соединения с крупными катионами лантана  $Ln^{3+}$ .

Еще одной особенностью растворённых фосфатов и металлов является их способность к образованию полисоединений различных типов [9-10].

Таблица 1

Результаты анализа образцов фосфоритовых образцов методом масс-спектрометрического (ICP-MS) анализа, мкг/л

Руда	Sc	Y	Er	Tm	Lu	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
№ 1	6,5	12,0	1,0	1,70	1,90	48	46	9,8	42,0	9,10	2,40	11,0	1,90	13,0	3,20
№ 2	5,9	11,0	1,0	1,70	2,00	47	56	10	42,0	9,30	2,20	11,0	1,80	13,0	3,20

Таблица 2

Результаты анализов раствора ЭФК, полученного на масс-спектроскопическом анализаторе

Проба	Sc	Y	Er	Tm	Lu	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
ЭФК	5,57	28,0	1,0	0,51	1,30	36	38	7,4	33,0	8,20	1,20	6,4	1,20	11,0	2,70

Поэтому взаимодействие катионов РЗЭ с высоко-зарядными конденсированными фосфатными анионами является сложным процессом, включающим первичные и вторичные реакции, протекающие с различной скоростью, определяющие их взаимодействие и комплексообразование в водных растворах.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований служил раствор экстракционной фосфорной кислоты, полученной из фосфоритов месторождения Азнек, находящегося на территории Центральных Кызылкумов.

В проводимых нами исследованиях, экстракционную фосфорную кислоту получали дигидратным методом. В составе исходного материала, а далее, в растворе, определяли количество РЗЭ методом масс-спектрометрического анализа.

Качественные и количественные характеристики ионов, находящихся в образцах, определяли на приборе ICP-MS марки прибора IС-ICP-MS-7500 [10-11].

Элементный состав фосфоритных пород Азнекского месторождения был получен на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализаторе маркой NEX DE VS Rigaku.

**Полученные результаты и их обсуждение.**

Современный метод масс-спектрометрического анализа ICP-MS является тонким методом анализа, который отличается от других стандартов строгими параметрами обнаружения и регистрации элементов.

Широкие возможности этого метода позволяют определять молекулярный и элементный состав веществ природного и синтетического происхождения. Для выполнения исследований, нами были выбраны образцы фосфоритных руд с двух точек, полученных из

разных контуров. В лабораторных условиях для подачи на анализ, фосфоритовые руды первоначально измельчали в лабораторной механической ступке RETSCH марки RM 200 до размеров 45 мкм. [12-16].

Полученные результаты масс-спектрометрического (ICP-MS) анализа фосфоритов месторождения Азнек приведены в табл. 1-2 и рис. 1. Из табл. 1 видно, что в обоих видах образцов из глубины 3 м и 8 м в составе фосфоритных пород отмечено схожее количество элементов.

Так, в обоих образцах обнаружено сравнительно высокое содержание элементов из группы лантаноидов, где количество лантана составляло 47-48 мкг/л, далее, в количественном отношении был элемент церий с количеством 46-56 мкг/л, а потом элемент неодим в количестве 42 мкг/л. Эти элементы входят в цериевую подгруппу и извлекаются больше, чем остальные лантаноиды. Наиболее редкими и встречающимися в малом количестве элементами иттриевой группы были эрбий (Er – 1,0), тулий (Tm – 1,70) и лютеций (Lu – 1,90).

Из полученных данных можно заключить, что элементы цериевой группы уступают в количественном отношении элементам иттриевой группы, что дает возможность получить РЗЭ попутным извлечением из фосфоритного сырья кислотной переработкой.

В мировой практике [17-19] для извлечения этих металлов из руды, часто используется серная кислота, для селективного осаждения РЗЭ из растворов применяется щавелевая кислота и аммиачная вода.

В табл. 2 приведены результаты, полученные на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализаторе, где также опре-

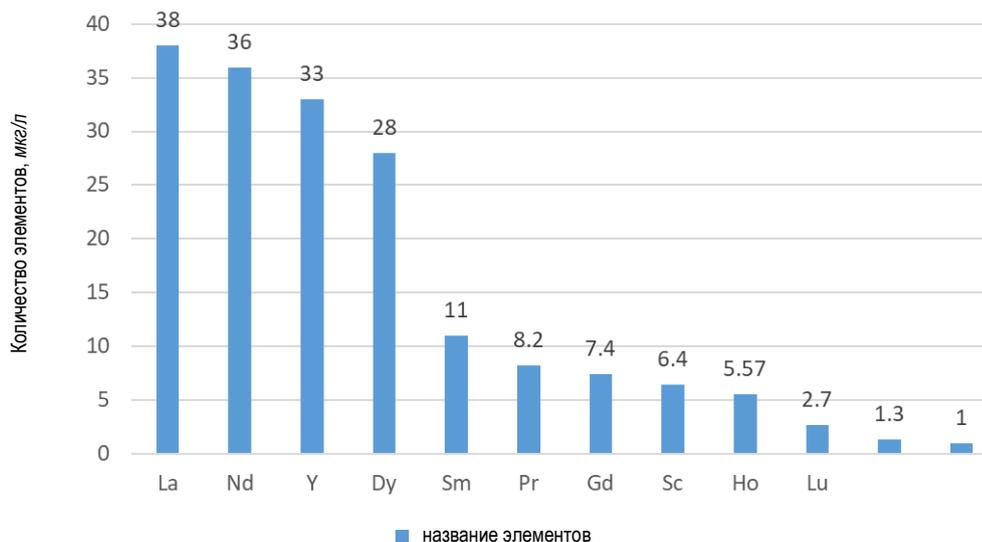
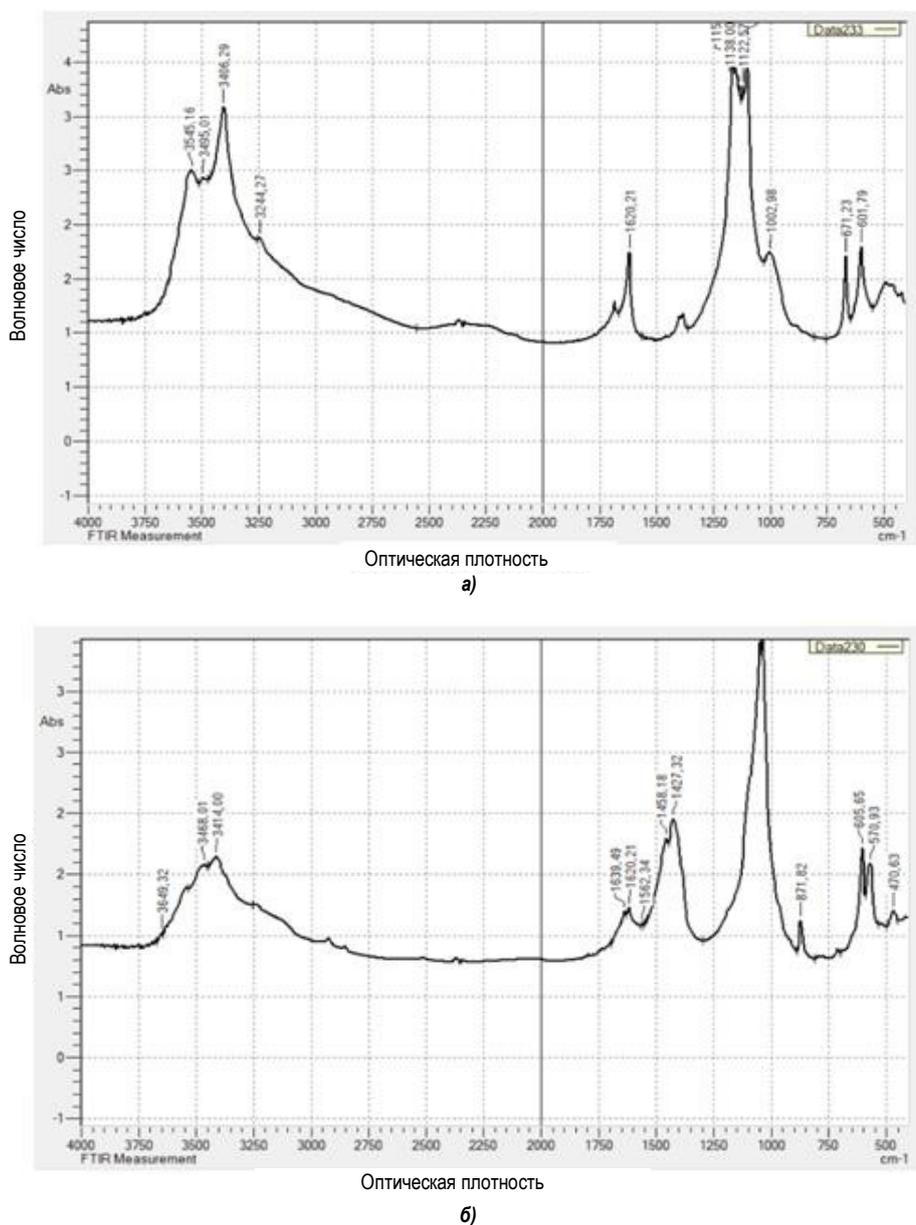


Рис. 1. Диаграмма снижения количество РЗЭ в составе экстракционной фосфорной кислоты



распределения РЗЭ в составе ЭФК при масс-спектропическом анализе (рис. 2).

В диаграмме приведены результаты содержания редкоземельных элементов, обнаруженных в составе ЭФК, которая была получена из фосфоритов месторождения Азнек.

Из полученных данных можно конкретно увидеть, что элементы цериевой группы, таких как лантан, церий, и неодим встречается в более высоком количестве, что подтверждает наш теоретический тезис, который подтвержден практически.

Для определения связи лантаноидов в фосфоритных породах было проанализировано исходное сырье и полученный отход в виде фосфогипса при инфракрасной спектроскопии.

Из полученных экспериментальных данных видно, что в составе фосфоритов из группы лантаноидов больше всего встречается лантан и церий.

В составе фосфогипса, содержание лантаноидов подтверждается появлением характерных линий на длинах волн ИК-спектров 3545 см<sup>-1</sup>, характерных для соединения лантана (LaPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) (рис. 2а), а для церия в составе фосфоритных руд появляется характерная линия церия на длине волны 3649 см<sup>-1</sup> (рис. 2б).

Проведенные исследования позволили заключить, что в составе фосфоритных руд месторождения Азнек в пластах, на глубине 3 и 8 м содержатся редкоземельные элементы содержание которых мы определяли нейтронно-активационным анализом и дали описание в статье «Изучение содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) в составе фосфоритов Азнекского месторождения и разработка способов их извлечения», где количество элементов цериевой группы уступают в количественном отношении элементам иттриевой группы.

На основе проведенных ИК-спектроскопических анализов можно констатировать, что функциональные группы из числа соединений лантаноидов, сосредоточены на длинах волн 3545 см<sup>-1</sup>, характерных для соединения лантана (LaPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) (рис. 2а), а для церия в составе фосфоритных руд появляется характерная линия церия на длине волны 3649 см<sup>-1</sup>. Такие длины волн характерны для функциональных групп с органическим составом.

Таким образом, выполненная исследовательская работа представляет оценочные, предварительные результаты анализов химического состава фосфоритов из месторождения Азнек.

Полученные результаты в будущем планируется использовать для практического получения аммофоса и фосфорной кислоты, а обнаруженные редкоземельные элементы могут послужить основой для их попутного извлечения применяя селективные ионообменные смолы.

делено содержание редкоземельных элементов в составе полученного продукта (ЭФК) и изучена растворимость металлов РЗЭ при использовании разных реагентов. В составе ЭФК определено количество редкоземельных элементов, которые впоследствии могут сыграть отрицательную роль при получении удобрений.

Из табл. 2 видно, что основная масса РЗЭ элементов перешла в раствор фосфорной кислоты.

В исходной руде и полученной ЭФК, содержание металлов этого типа отличается от между собой. Если сравнить их количество, то в руде среднее содержание скандия составляло 6,5 мкг/л а в растворе фосфорной кислоты находилось в пределах 5,57 мкг/л, также количество лантана в руде составляло 48 мкг/л, а в составе фосфорной кислоты – 36 мкг/л.

Также можно увидеть увеличение содержания иттрия в растворе намного больше, чем в исходной руды. Составлена диаграмма

Рис. 2. ИК-спектры фосфогипса и фосфоритной руды месторождения Азнек: а) фосфогипс б) фосфорит

## Библиографический список:

1. Chang H. Study on separation of rare earth elements in complex system. – 2010. – Vol. 28, pp. 116-119
2. United States Geological Survey Mineral Commodity Summaries. – 2019. – 200 p.
3. Sharipov et. al. // E3S Web of Conferences 417, 02012 (2023). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341702012>.
4. Sharipov et. al. // E3S Web of Conferences 417, 02012 (2023). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341702012>.
5. Umirov F.E., Shodikulov J.M., Aslonov A.B., Sharipov S.Sh. Obogashchenie rud. 4, 25-31 (2023).
6. Махов С.В., Олифсон А.Л. Технология извлечения редкоземельных элементов из экстракционной фосфорной кислоты, полученный при переработке апатитового концентрата. – Москва, 2019. – 284 с.
7. Современные технологии редкометалльной и редкоземельной промышленности // под ред. члена президиума РАН акад. Л.И. Леонтьева и докт. хим. наук В.И. Сачкова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2016. – 388 с.
8. Осипов П.А., Лепесов К.К., Тельбаев С.А., Шаяхметова Р.А. Поведение редкоземельных металлов при кислотном вскрытии фосфоритов / П.А. Осипов К.К. Лепесов, С.А. Тельбаев, Р.А. Шаяхметова // Матер. межд. научно-практич. конф. "Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кад-ровое сопровождение". – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2014. – С. 215-220.
9. Локшин Э.П., Тареева О.А., Ивлеев К.Г., Левин Б.В. Исследование растворимости гидратированных ортофосфатов иттрия, лантана, церия, неодима в серно-фосфорнокислых растворах при 20°C // Журн. прикл. Химии, 2005. – Т. 78, – № 12. – С. 1947-1949.
10. Jorjani E. The production of rare earth elements group via tributyl phosphate extraction and precipitation stripping using oxalic acid // Arab. J. Chem. – 2016. – Vol. 9, pp. 1532-1539.
11. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Эржаев А.У. Изучение содержания редкоземельных элементов в составе фосфоритов Азнекского месторождения и разработка способов их извлечения // Обогащение руд, 2024. – №2. – С. 40-44.
12. Hérés X. Selective extraction of rare earth elements from phosphoric acid by ion exchange resins // Metals (Basel). – 2018.
13. Temirov U., Doniyarov N., Jurakulov B., Usanbaev, N., Tagayev I. & Mamataliyev A. (2021). Obtaining complex fertilizers based on low-grade phosphorites. E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 04009).
14. Черемисина О.В., Сергеев В.В., Федоров А.Т., Михеева В.Ю. Интенсификация выщелачивания редкоземельных металлов из фосфогипса // Обогащение руд, 2021. – № 5.
15. Khurramov N.I., Rakhimova G.S., Rakhmatova Z.A., Nurmurodov T.I. Obogashchenie Rud 6, 23-27 (2023). DOI: 10.17580/or.2023.06.04.
16. Allamuratova A., Erkaev A., Reyrov A., Tairov Z., Alimov U. Combined technology for producing compound fertilizers from low- grade phosphorites from Central Kyzylkum. European Chemical Bulletin, 2022, 11(6), pp. 7-14.
17. Zhuraev M.T., Erkaev A.U., Namazov Sh.S., Beglov B.M. Manufacturing the triple superphosphate on basis of phosphorites from deposits in central Kyzylkum region by in-line method Khimicheskaya Promyshlennost', 2002, (5), pp. 42-45.
18. Tursunova Z.M., Sultanov B.E., Namazov Sh.S., Erkaev A.U., Beglov B.M. Influence of inhibitors on corrosion resistance of corrosion-resistant steels in medium of extractive phosphoric acid from phosphorites mined in Central Kyzylkums Khimicheskaya Promyshlennost', 2003, (10), pp. 9-14.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Вперед вместе и вперед

Государственное предприятие АО НГМК  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
[www.ngmk.uz](http://www.ngmk.uz)  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: [informz@ngmk.uz](mailto:informz@ngmk.uz)

## KVAZISTATIK KUCHLANISH-DEFORMATSIYA HOLATINI TOPISHDA CHEKLI ELEMENTLAR USULINI QO'LLASH



**Ishmatov M.R.,**  
NDK va TU «Oliy matematika va axborot texnologiyalari» kafedrası dotsenti, t.f.n.



**Tursinboyeva Z.U.,**  
NDK va TU «Oliy matematika va axborot texnologiyalari» kafedrası katta o'qituvchisi



**Karabekyan S.X.,**  
NDK va TU «Oliy matematika va axborot texnologiyalari» kafedrası katta o'qituvchisi

*Seysmik to'liqlar va ularning yer osti inshootlariga ta'siri muammosi hozirda dolzarb muammolardan biridir. Ushbu maqolada qovushqoq-elastik muhitda joylashgan parallel quvurlarda tashqi statik bosim ta'sirida hosil bo'ladigan kvazistatik kuchlanishlar-deformatsiya holati masalasi ko'rib chiqiladi. Bu masala Volter prinsipiga asosida hal qilingan.*

**Tayanch iboralar:** quvur, qovushqoq-elastik, Volter prinsipi, seysmik to'liqlar, kuchlanishlar, deformatsiya, kuchlanish-deformatsiya holati, chekli elementlar usuli.

*Проблема сейсмических волн и их воздействия на подземные сооружения является одной из актуальных проблем. В данной статье рассмотрен вопрос о квазистатическом напряженно-деформированном состоянии, создаваемом внешним статическим давлением в параллельных трубах, находящихся в вязкоупругой среде. Эта задача была решена на основе принципа Вольтера.*

**Ключевые слова:** труба, вязкоупругость, принцип Вольтера, сейсмические волны, напряжения, деформация, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.

Seysmik to'liqlar va ularning yer osti inshootlariga ta'siri muammosi uzoq yillar o'rganib kelinishiga qaramasdan, hozirgi vaqtda ham dolzarb muammo bo'lib kelmoqda.

Maqolada qovushqoq-elastik muhitda joylashgan parallel quvurlarda tashqi statik bosim ta'sirida hosil bo'ladigan kvazistatik kuchlanishlar-deformatsiya holati masalasi yechiladi. Qo'yilgan masalalarning yechimlari Volter prinsipi asosida quriladi. Volter prinsipiga asosan qovushqoq-elastik jism kuchlanish deformatsiya holatini ifodalovchi yechimni olish uchun birinchi o'rinda mos keluvchi elastik jism tenglamasi yechimini olish kerak. Ikkinchi o'rinda elastik o'zgarmlar qovushqoq-elastik operatorlar bilan almashiriladi. Quvur va uni o'rab turuvchi muhitda hosil bo'ladigan kuchlanish-deformatsiya holatini aniqlash uchun chekli elementlar usuli (ChEU)ni qo'llanilgan [1-2].

Murakkab inshootlar sistemasini hisoblashning eng ko'p tarqalgan usuli bu chekli elementlar usuli (ChEU) hisoblanadi. Uning o'ziga xosligi shundaki, muhitni chekli bloklardan tuzilgan konstruksiya yoki kublardan tashkil topgan mexanik sistema deb qarash mumkin. Elementlarning o'zaro ta'sir sistemasini deformatsiyasini umumiy tarzda aniqlashga imkon beradi. Asosiy hisob sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Ushbu elementlarning har birining bikirlik xususiyatlari oldindan berilgan bo'ladi. Bunday murakkab strukturaning kuchlanish-deformatsiya holatini ChEU yordamida aniqlash mumkin. Usulning afzalligi uning universalligidir: har xil turdagi elementlardan foydalanish imkoniyati, ko'rib chiqilayotgan maydonning mustaqilligi, yuqori aniqlikdagi elementlarni qurishning oddiy usullari. Qo'yilgan masalalarni yechish uchun mumkin bo'lgan ko'chish prinsipidan foydalanamiz:

$$\delta A = \delta A_1 + \delta A_2 = 0 \quad (1)$$

Bunda,  $\delta A_1$  – ichki kuchlar bajargan ishi;

$\delta A_2$  – tashqi kuchlarni bajargan ishi (2-rasm).

Kuchlanishlar va deformatsiya komponentlari orasidagi munosabat qovushqoq elastik materiallar uchun qo'yidagicha [3-5]:

$$\sigma_{ij} = \lambda \Delta \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij},$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

$\lambda$  va  $\mu$  – Lamening operator koeffitsienti:

$$\lambda = B(1 - \omega), \quad \mu = \frac{3}{2} B\omega,$$

$$\omega \varphi(t) = \int_0^1 \omega(t - \tau) d\varphi(\tau) = \frac{1}{3B} \int_0^1 R_\mu(t - \tau) d\varphi(\tau),$$

$$R_\mu(t) = 2\mu(1 - \int_0^1 \Gamma_\mu(\tau) d\tau)$$

– materialning siljish relaksatsiyasi funksiyasi, u holda

$$\omega \varphi(t) = \omega(\varphi(t) - \int_0^1 \Gamma_\mu(t - \tau) \varphi(\tau) d\tau), \quad \omega = \frac{2\pi}{3B}.$$

Bu yerda  $\omega$  – kvazi konstanta. Umumiy holda quvurlarni o'rab turuvchi muxit anizotropik – qovushqoq elastik material hisoblanadi. Uning kvazistatik tenglamasi (1) umumiy holda qo'yidagicha bo'ladi:

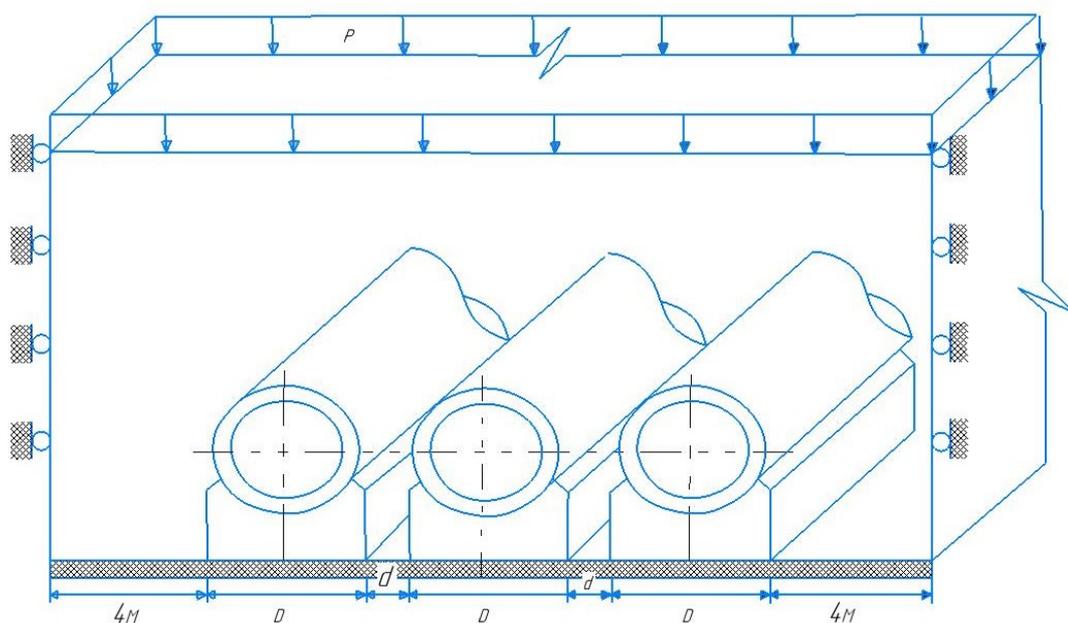
$$\int_V \varepsilon_{ij}(\delta u^k) C_{ijkl} \varepsilon_{kl}(\bar{u}^k) dV = \int_V \varepsilon_{ij}(\delta u^k) [C_{ijkl} - R_{ijkl}] \varepsilon_{kl}(\bar{u}^{k-1}) dV + \int_S \rho_i \delta u_i^k ds + \int_V f_i \delta u_i^k dV,$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \Delta \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

Bu yerda  $C_{ijkl}$  – materialning elastik kattaliklar tenzorining komponentlari;

$R_{ijkl}$  – materialning qovushqoq-elastik operatori tenzorining komponentlari;

$\delta$  – variatsiya belgisi;



1-rasm. Hisob sxemasi

$V$  – ajratib olingan jism hajmi;  
 $\rho_i$  – sirt tashqi kuchlari;  
 $f_i$  – hajmiy tashqi kuchlar;  
 $\varepsilon_{ij}$  – deformatsiya tenzori komponentalari.

Faraz qilaylik o'rganilayotgan soha (1-rasm) chekli elementlarga ajratilgan bo'lsin va ular bir-biri bilan tugun nuqtalari orqali bog'langan bo'lsin. Tugun nuqtalarda vaqtli funksiyasi bo'lgan noma'lum ko'chishlarni tanlaymiz. Umumiy xolda ixtiyoriy element uchun ko'chish vektori qo'yidagicha bo'ladi:

$$\bar{u}_i(\bar{x}, t) \{u_{1i}(\bar{x}, t), u_{2i}(\bar{x}, t), u_{3i}(\bar{x}, t)\}^T.$$

Demak ko'chish uchta komponenta orqali ifodalanib tugunlardagi noma'lum ko'chishlar  $\{u^e(t)\}$  qo'yidagicha bo'ladi.

$$\{u(\bar{x}, t)\} = [N^e(\bar{x})] \{u^e(t)\}.$$

Elementlarning elastiklik xossalarini ifadolovchi kattaliklar qo'yidagilar:

$$\nu = \frac{1-\omega}{2+\omega}; \quad \mu = \frac{3}{2}B\omega; \quad E = 2\mu(1+\nu) = \frac{9B\omega}{2+\omega},$$

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} = B(1-\omega). \quad (3)$$

Bunda

$$\omega = \frac{1-2\nu}{1+\nu} = \frac{2\mu}{3B}$$

A.A. Ilyushin parametri deyiladi. Qovushqoq elastik jism uchun

$$\mu' = \frac{3}{2}B\omega'; \quad \lambda = B(1-\omega'), \quad (\omega')^{-1} = \frac{3B}{2\mu'} = \frac{3}{2}B\mu'^{-1} = \frac{3}{2}B\Pi_\mu$$

Bullardan foydalanib qovushqoq-elastik jism uchun siljish moduli  $\mu'$  dan foydalanib divator kuchlanishlar tenzori komponentalarini topish mumkin:

$$S_{ij} = 2\mu' e_{ij} = 2\mu' \left[ e_{ij}(t) - \int_0^t \Gamma_\mu(t-\tau) e_{ij}(\tau) d\tau \right]$$

Endi elastik muxit uchun chekli elementlar usuli qo'llanib yechimni

topib, undan foydalanib kvazistatik yechimni olamiz. Uch o'lchovli jism uchun quyidagi munosabat o'rinni bo'ladi (2-rasm):

$$\iiint \{\sigma\}^T \{d\varepsilon\} dx dy dz = \iiint \{q\}^T dx dy dz + \iint \{\rho\}^T \{\delta u\} dS. \quad (4)$$

Bu holat quyidagicha bo'ladi:

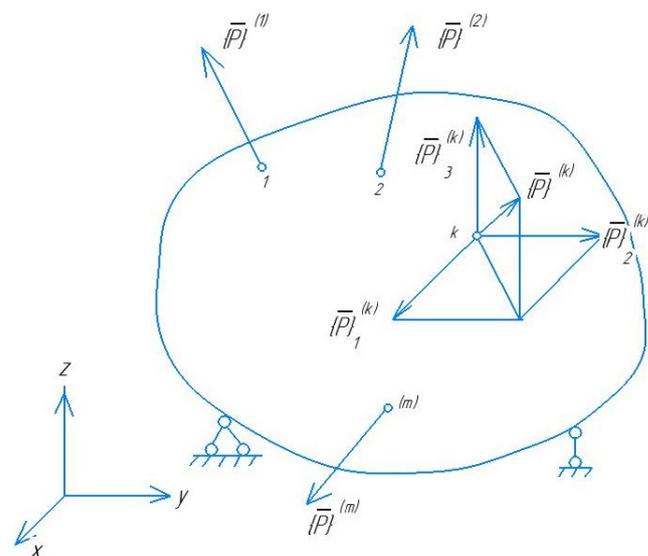
$$\iiint \{\sigma\}^T \{d\varepsilon\} dx dy dz = \iiint \{\delta u\}^T dx dy dz + \iint \{\rho\}^T \{\delta u\}^T dS.$$

Hajmiy sirt kuchlari va ko'chishlar quyidagicha bo'ladi:

$$\{q\} = \{x, y, z\}^T,$$

$$\{\rho\} = \{\rho_x, \rho_y, \rho_z\}^T, \quad \{u\} = \{u_1, v_1, w_1\}^T. \quad (5)$$

Muvozanat sharti (4) materialning xossasiga bog'liq emas, munosabat chiziqli va chiziqsiz xolat uchun o'rinni bo'ladi. Agar boshlang'ich



2-rasm. Tashqi kuchlar ta'siri sxemasi

deformatsiya mavjud bo'lsa, chiziqli elastik muhit va quvur uchun fizik munosabat quyidagi ko'rinishni egallaydi:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} - [D]\{\varepsilon_0\}, \quad (6)$$

Bunda  $[D]$  – elastik kattaliklar matritsasi  
 $\{\varepsilon_0\}$  – boshlang'ich deformatsiya vektori.

Chekli elementlar jarayoni uchun variatsion usullarning turlicha yondashuvlaridan foydalaniladi. Ko'rilayotgan yondashuvda ko'chishlar maydoni to'liq soha uchun emas, balki ko'rilayotgan element chegarasida berilishi zarur. Ko'chishlar  $x, u, z$  koordinatalar darajasi orqali ifodalangan ko'phad ko'rinishda beriladi:

$$\{u_n\} = [A]\{\alpha\}, \quad (7)$$

Bunda,  $[A]$  – elementlarning koordinatasiga bog'liq matritsa  
 $\{\alpha\}$  – ko'phad koeffitsientlarini ifodalovchi vektor.

Ko'phad koeffitsientlarining miqdori elementlarning erkinlik darajasi-bog'liq. Koeffitsientlarning o'zi turg'un nuqtalami ko'chishi bilan bog'liq. Agar elementning tugundagi ko'chish vektorini  $\{u_n\}$  deb belgilasak, u holda ko'chish maydoni quyidagicha bog'lanish bilan aniqlanadi:

$$\{u_n\} = [\phi]\{u_n\}$$

Deformatsiya va ko'chish orasidagi munosabatlardan foydalansak, quyidagicha munosabatni olamiz:

$$\{\varepsilon\} = [V]\{u_n\} \quad (8)$$

Bu yerda,  $[V]$  matritsa, deformatsiyaning turg'un nuqtasini ko'chishlari bilan bog'laydi va keyinchalik hisoblashlarda ahamiyatga ega hisoblanadi (1-rasm). Kuchlanishlar vektori quyidagi (6) va (8) munosabatlardan orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\{\sigma\} = [D][V]\{u_n\} - [D]\{\varepsilon_0\} \quad (9)$$

Yuqorida keltirilgan (4) tenglikning o'ng va chap tomonini alohida-alohida ko'rib chiqamiz. Tenglikni kuchlanishlarning turg'un deformatsiyalari orqali ifodalasak, u holda (8) formula orqali deformatsiyaning ko'chish komponentlarini ham ifodalash mumkin bo'ladi. Hamda  $[K]$  deb belgilangan matritsa kiritdik, quyidagi ko'rinishdagi munosabatni olamiz:

$$\begin{aligned} \iiint \{\delta\varepsilon\}^T [D]\{\varepsilon\} dx dy dz &= \\ &= \delta\{u_n\}^T \iiint [B]^T [D][V] dx dy dz \{u_n\} = \delta\{u_n\}^T [K]\{u_n\}. \end{aligned} \quad (10)$$

Bu yerda,  $[K]$  – matritsa bo'lib, deformatsiyanuvchi mexanik sistemani kichik qismi haqida asosiy ma'lumotlarni beradi. Unga bikirlik matritsasi deyiladi. Bu matritsa ChEU uchun asosiy matritsa hisoblanadi.

Oxirgi tenglamani yuqorida keltirilgan (9) tenglama (10) ga qo'ysak, u holda qiyin bo'lmagan almashtirishdan so'ng quyidagi tenglamani olamiz:

$$\begin{aligned} \iiint (\{\delta\varepsilon\}^T [D]\{\varepsilon_0\} + \{\delta u\}^T \{q\}) dx dy dz + \iint \{\delta u\}^T \{r\} dS &= \\ &= \delta\{u_n\}^T \iiint [V]^T [D]\{\varepsilon_0\} dx dy dz + \delta\{u_n\}^T \iiint [\phi]^T \{q\} dx dy dz \\ &+ \delta\{u_n\}^T \iint [\phi]^T \{r\} dS. \end{aligned} \quad (11)$$

Bu munosabat yordamida tugun nuqtalardagi keltirilgan kuch  $\{r\}$  -ni topish mumkin. Shunday qilib,  $[\phi]$  ma'lum bo'lgan matritsa orqali ixtiyoriy nuqtaning ko'chishini tugun nuqtalarining ko'chishi bilan bog'lash mumkin.

Xuddi shunday  $[V]$  matritsa deformatsiya va ko'chish orasidagi munosabatni bog'laydi. Bikirlik matritsasi  $[K]$  va tugun nuqtalariga ta'sir etuvchi kuch  $\{F\}$  quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$[K] = \iiint [V]^T [D][B] dx dy dz$$

$$\{F\} = \iiint [B]^T [D]\{\varepsilon_0\} dx dy dz + \iiint [\phi]^T \{q\} dx dy dz + \iint [\phi]^T \{r\} dS.$$

Har bir element uchun muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi:

$$[K]\{u_n\} = \{F\}. \quad (12)$$

bunda

$$[K] = \begin{bmatrix} [K]_1^{(1)} & \dots & [K]_1^{(k)} & \dots & [K]_1^{(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [K]_p^{(1)} & \dots & [K]_p^{(k)} & \dots & [K]_p^{(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [K]_m^{(1)} & \dots & [K]_m^{(k)} & \dots & [K]_m^{(m)} \end{bmatrix}$$

Yuqorida keltirilgan muvozanat sharti har bir element uchun chiqariladi.

Shunday qilib, bu paragrafda statik kuch ta'sirida hosil bo'ladigan kuchlanish-deformatsiya hollarini o'rganishda chekli elementlar usuli qo'llandi. Natijada yukori tartibli algebraik tenglamalar sistemasi hosil bo'ldi.

Bu sistemalar, asosan, Gauss usuli yordamida yechiladi. Kompyuterda C++ tilida tuzilgan dastur asosida sonli natijalar olinadi.

Xulosalar

1. Tuproqning Puasson koeffitsienti  $n$  ortishi bilan bosim  $S_{max}$  kamayadi.  $S_{max}$  ning eng katta qiymati poydevorga, eng kichigi – qoplamaning katta burchagiga ega profilli asosga tayanishiga to'g'ri keladi. Tashqi quvur va o'rta quvur ( $S_{max}$ ) bosimi va torlar soniga amalda bog'liq emas.

2. Quvurlar orasida joylashgan tuproqning gorizontaal kvazistatik bosimi ( $sg$ )  $d$  parametrining o'sishi bilan kamayadi. Gorizontaal kvazistatik bosim  $d=3,0D$  da minimal darajaga yetadi va bitta quvur uchun mos keladigan qiymatga teng bo'ladi.

### Bibliografik ro'yxat:

1. Адамов А.А., Матвеевко В.П., Труфанов Н.А., Шардаков Н.Н. Методы прикладной вязкоупругости. – Екатеринбург. УрО РАН, 2003. – 411 с.
2. Авлякулов Н.Н., Сафаров И.И. Современные задачи статики и динамики подземных трубопроводов. – Ташкент: Фан ва технология. 2007. – 306 с.
3. Демешко Е.А. Современные методы прочностных расчетов в метро и тоннелестроении. – М.: Тоннельная ассоциация. 2000. – 207 с.
4. Лалин В.В. Современные технологии расчета магистральных трубопроводов. Инженерно-строительный журнал. – № 3. – Санкт-Петербург: СПбГПУ ИСФ, 2010. – С. 43-47.
5. Ishmamatov M., Kulmurotov N., Khalilov Sh., Akhmedov N. Dynamic Vibration Extinguished on a Viscously Elastic Base. International Journal of Applied Mechanics and Engineering. 2021. 26 (2). – С. 1-10.

## POLIMERLAR ASOSIDA BENTONITLI SUSPENZIYALARNI OLISH VA ULARNING FIZIK KIMYOVIIY XUSUSIYATLARI



**Allayorov N.B.,**  
NDK va TU «Kimyoviy texnologiya»  
kafedrası assistenti



**Vapoyev H.M.,**  
NDK va TU «Kimyoviy texnologiya»  
kafedrası professori, k.f.d.



**Aliyev T.B.,**  
NDK va TU «Kimyoviy texnologiya»  
kafedrası dotsenti, k.f.n.

Mahalliy minerallar Navbahor bentoniti, Angren kaolini va polimer moddalar PAA, kraxmal asosida yangi suspenziyalar olingan. Ularning fizik-kimyoviy xossalari, turli haroratlarda pH va elektr o'tkazuvchanlikni suspenziya konsentratsiyasiga bog'liqligi o'rganildi. Olib borilgan tajribalar asosida bentonitni modifikatsiyalangan suvli suspenziyalarini tayyorlashda quyidagi optimal qiymatlari tanlandi: Bentonit 2g/l, PAA 50 va 100 mg/l va kraxmal 50 mg/l. PAA, kraxmal va kaolini 50mg/l konsentratsiyali suspenziyalarini elektr o'tkazuvchanliklari o'rganilganda, qiymatlar juda kam o'zgarishi aniqlangan. Sanoat oqova suvlarini tozalash maqsadida ushbu tayyorlangan suspenziyalardan foydalanilgan. Olingan natijalar tahlili shuni ko'rsatdiki, suspenziyalar oqova suvlarni juda samarali tozalaydi, ayniqsa PAA bilan olingan suspenziya yaxshi natija ko'rsatgan. Bu suspenziyalar bir vaqtning o'zida kation va anionlarni miqdorini kamaytirgan, qattiqlikni keskin pasaytirgan holda pH qiymati neytral holda qolgan.

**Tayanch iboralar:** bentonit, kaolin, suspenziya, kraxmal, poliakrilamid, polimer, eritma, elektr o'tkazuvchanlik, temperatura, oqova suv.

Получены новые суспензии на основе местных минералов Навбахорского бентонита, Ангренского каолина и полимерных веществ ПАА, крахмала. Изучены их физико-химические свойства, зависимость pH и электропроводности от концентрации суспензии при различных температурах. На основании проведенных экспериментов были выбраны следующие оптимальные значения для приготовления водных суспензий, модифицированных бентонитом: бентонит 2 г/л, ПАА 50 и 100 мг/л и крахмал 50 мг/л. При исследовании электропроводности суспензий ПАА, крахмала и каолина с концентрацией 50 мг/л установлено, что значения изменяются очень незначительно. Полученные суспензии использовали для очистки промышленных сточных вод. Анализ полученных результатов показал, что суспензии очень эффективно очищают сточные воды, особенно хороший результат показала суспензия, полученная с ПАА. Эти суспензии одновременно уменьшали количество катионов и анионов, резко снижая жесткость, сохраняя при этом нейтральный pH.

**Опорные слова:** бентонит, каолин, суспензия, крахмал, полиакриламид, полимер, раствор, электропроводность, температура, сточная вода.

Navbahor bentoniti yaxshi material bo'lib, geokimyoda burg'ilash ishlarida, farmasevtika sanoatida va sanoatning turli sohalarida keng miqyosda qo'llanilmoqda. Bundan tashqari bentonit yaxshi adsorbsion xususiyatga ega bo'lganligi sababli turli gazlarni, rangli eritmalarini, moysimon organik moddalarni va oqsillarni tozalash hamda ajratishda ishlatilmoqda [1-2].

Bentonitlar - vulqon tufalarining parchalanishi natijasida hosil bo'lgan gillar (ya'ni, toshlardan tashkil topgan jinslar)dir va ular tarkibida 70% dan ortiq montmorillonit minerali mavjud.

Montmorillonitning kimyoviy formulasi natriy magniy alyuminiy silikatiga ega gidroksid  $(Na, Ca)_{0.33}(Al, Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$ . Boshqa kationlar shu jumladan kaliy va temir bo'lishi mumkin. Montmorillonitda  $[SiO_4]$ -tetraedrlardan va  $[M(O_5, OH)]$  formulali oktaedrdan tashkil topgan qatlamlar mavjud, odatda bu yerda M Al yoki Mg, lekin Fe ham tez-tez uchraydi.

Silikat qatlamlari tomonidan qoplanadigan interkristallit hududida almashinadigan ionlarni yengil manfiy zaryadi shunchalik zaifki, tabiiy bentonitdagi kation (asosan  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  yoki  $Na^+$  ionlari) bilan bu

hududda ularning gidrat qobiqlari adsorbsiyalanishi mumkin [2-9].

Harorat, pH va elektrolitlar konsentratsiyasining turli sharoitlarda loy (tuproq) zarralarini yig'ishi bentonit suspenziyalari xususiyatlarining o'zgarishiga olib keladi. Bunday o'zgarishlar bentonit suspenziyasini sanoatda, neftni burg'ilashda, kataliz, atrof-muhitni qayta tiklash va hayvonlar uchun ozuqa bo'lishi uchun kerak bo'ladi. Zarrachalar va agregatsiya hosil bo'lishini oldini olish uchun polimerlar yoki loyni barqarorlashtirishga qodir bo'lgan moddalar qo'shib erishiladi. Bu ishni maqsadi sirt faol moddalar bilan o'zgartirilgan bentonit suspenziyasini tayyorlash hamda sirt faol moddalarning elektrokinetik xususiyatlarga, ayniqsa elektr o'tkazuvchanligiga va pH ga ta'sirini o'rganishdan iborat.

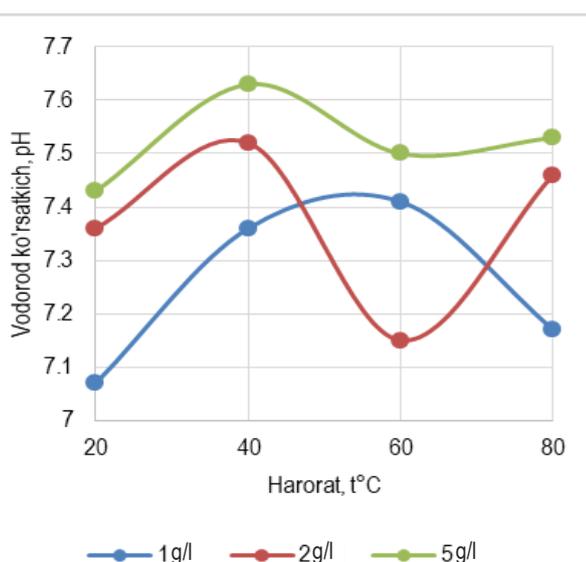
Ushbu tajribalarda quyidagi moddalar ishlatildi: poliakrilamid ("Navoiyazot"/O'zbekiston), kraxmal (O'zbekiston), bentonit ("Navbahor"/O'zbekiston), kaolin (Angren/O'zbekiston).

Bentonit suspenziyalarini tayyorlash. Bentonit (kation sifatida asosan  $Ca^{2+}$  va  $Na^+$ ) Navoiy viloyati, Navbahor koni sifatli montmorillonit mineralidan olingan. Suspenziyalarni 1 g, 2 g va 5 g bentonitni turli haroratlarda (20, 40, 60, 80°C) 100 ml suvda aralashtirib hosil qilindi. Tayyorlangan bentonitli suspenziyalarga PAA va kraxmalni 0,5%-li eritmalaridan 5 ml dan qo'shib, yuqorida ko'rsatilgan haroratlarda modifikatsiyalangan suspenziyalarni magnit aralashtirgichda aralashtirgan holda 10-15 min davomida olindi. pH va elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash. Suspenziyalar ustidagi eritmani olib ularni pH qiymatini pH-150ml pH-metri yordamida o'lchandi.

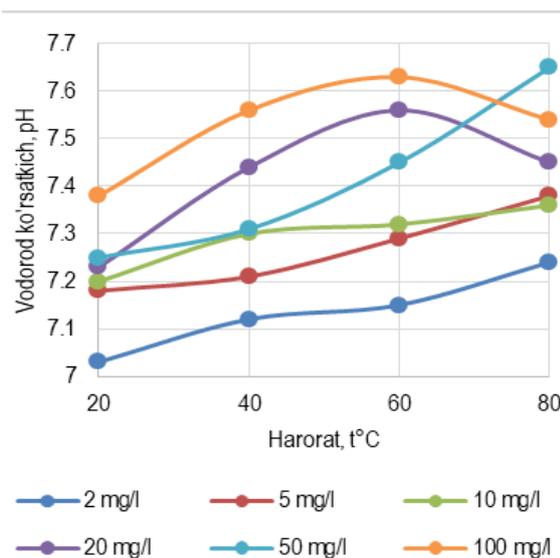
1-jadval

Bentonitning kimyoviy tarkibi (mass, %)

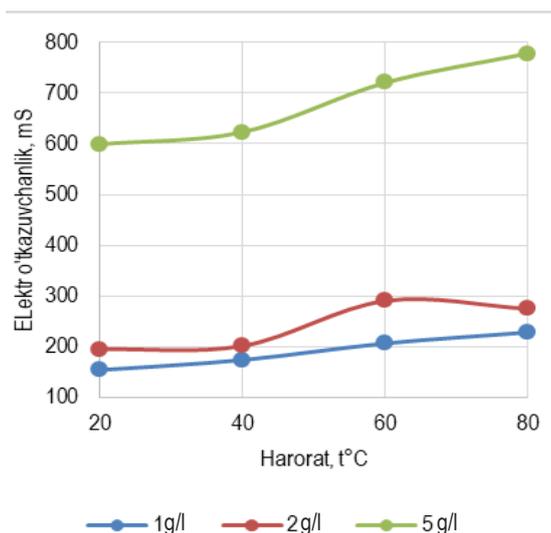
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Qo'shimcha
54,20	11,78	9,28	3,36	2,53	1,77	1,34	0,15	1,37	14,21



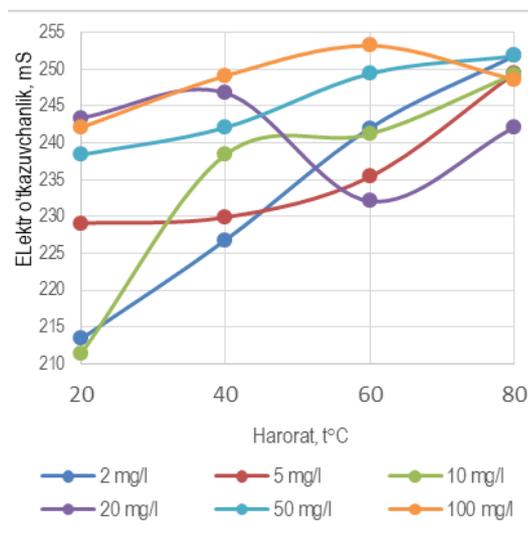
1-rasm. Bentonit suvli suspenziyasini (1 g, 2 g, 5 g) turli haroratlardagi pH qiymatini o'zgarishi



3-rasm. pH ni PAA konsentratsiyasiga turli haroratda bog'liqligi



2-rasm. Bentonit suvli suspenziyalarini (1 g, 2 g, 5 g) turli haroratlardagi elektr o'tkazuvchanligi



4-rasm. Elektr o'tkazuvchanligini PAA konsentratsiyasiga turli haroratlardagi bog'liqligi

Eritmalarni elektr o'tkazuvchanligini esa Metrohm 912 konduktometr bilan o'lchanadi. Bu o'lchash ishlari o'rtacha tezlikda aralashtirib turilib har 1, 3, 5, 7, 10 min oralig'ida kuzatib turildi. O'lchashda o'zgarishlar bo'lmagach, harorat 20°C dan oshirib, huddi shu tartibda davom ettiriladi. Bentonitni suvdagi gomogenizatsiyasidan so'ng 5 min davomida intensiv aralashtirgan holda polimer eritmasi qo'shiladi. Yaxshi aralashtirilgandan so'ng, suspenziyalar 24 soat davomida qoldiriladi va suspenziya ustidagi suvli eritmani pH va elektr o'tkazuvchanligi o'lchanadi.

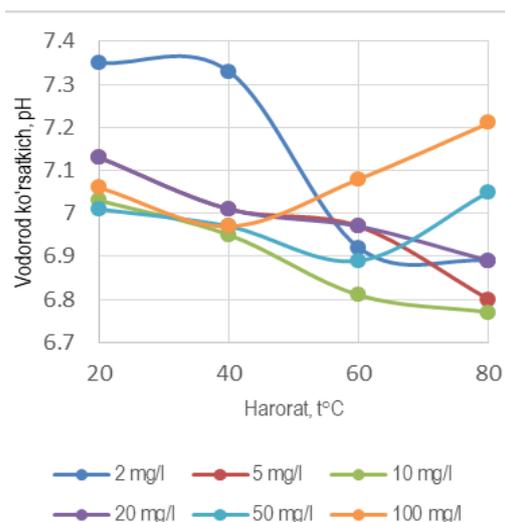
1-jadvaldan ko'rinadiki, mineraldagi asosiy oksidlar kremniy oksidi (54,20 mass.%), rangli oksidlar ham anchagina: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-9,29 va TiO<sub>2</sub>-1,37; alyuminiy oksidi-11,78% ni tashkil etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, o'rganilayotgan bentonit namunasi murakkab montmorillonitdir.

Bentonit suspenziyalarini pH va elektr o'tkazuvchanligini turli haroratlarda o'rganilganda, pH qiymati 1g/l bentonit suspenziyasida 40 va 50°C da maksimumga erishadi tegishli 7,38 va 7,41. Bu qiymatlar 2 g/l uchun 7,51 va 7,15 ga, 5 g/l uchun esa 7,62 va 7,5 ga teng. Demak, Navbahor bentoniti kuchsiz ishqoriy muhitga ega, harorat ortishi

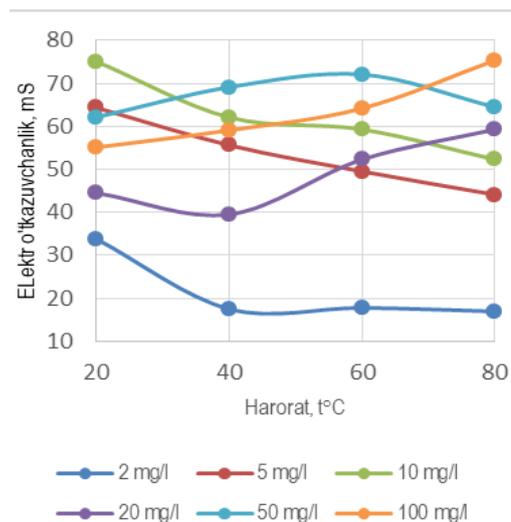
uni neytral muhitga olib keladi. Bu bentonit tashqi qobig'i ionlarini qisman suv molekularini xemosorbsiyasi bilan izohlash mumkin. Elektr o'tkazuvchanlik qiymati (tegishli 200, 300 va 720 mS) ham 60°C haroratda ortishi kuzatiladi, ya'ni tashqi qobiq kationlarini suv molekulari bilan ta'siridan ionlar hosil bo'lishini ko'rsatadi (1-2 rasm).

Umuman bentonit konsentratsiyalarida elektr o'tkazuvchanlik harorat 20°C dan 60°C gacha maksimal qiymatga erishadi, keyin keskin pasayadi. Eng konsentrlangan suspenziya (100 ml da 5 g) barcha haroratlarda ancha yuqori o'tkazuvchanlik ko'rsatadi. Elektr o'tkazuvchanligi eritmadagi ionlar konsentratsiyasiga, ularni dissotsilanish qobiliyatiga, ulami zaryadi va diffuziyasiga bog'liq. Bu shuni anglatadiki, 60-80°C haroratlar oralig'ida bentonit ancha eruvchan bo'lib qoladi. Demak, olingan natijalar asosida xulosa qilish mumkinki, bentonit suspenziyalarini 2 g/l li konsentratsiyalari ham tejankor, ham pH va elektr o'tkazuvchanligi talabga javob beradi.

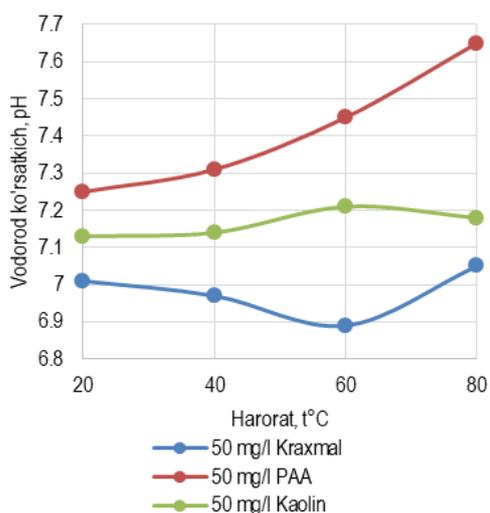
Polimerlarni ham boshlang'ich holatidagi pH va elektr o'tkazuvchanlik qiymatlari turli konsentrsion qiymatlarda o'rganildi. Masalan, poliakrilamidning pH qiymati turli haroratlarda 7,2-7,65 oralig'ida o'zgaradi (60°C).



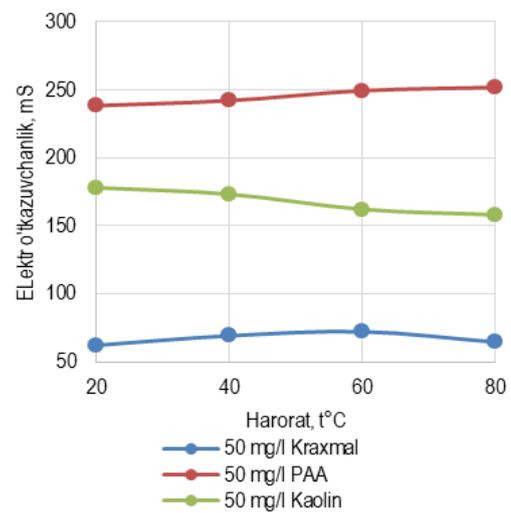
5-rasm. pH ni kraxmal konsentratsiyasiga turli haroratda bog'liqligi



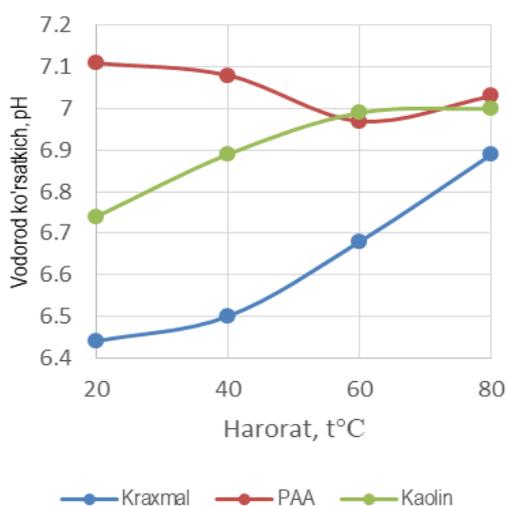
6-rasm. Elektr o'tkazuvchanligini kraxmal konsentratsiyasiga turli haroratlardagi bog'liqligi.



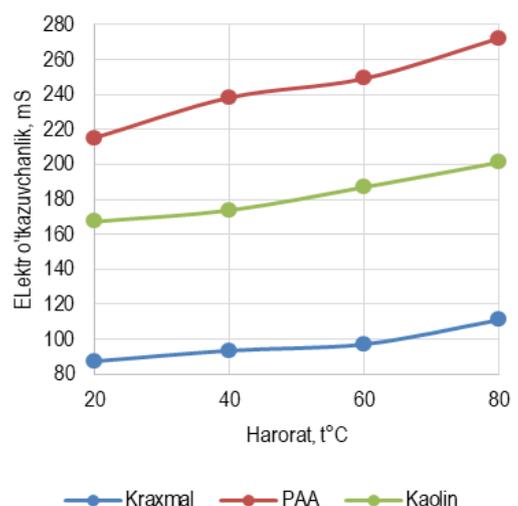
7-rasm. 50 mg/l (kraxmal, PAA, kaolin) suspenziyani turli haroratlardagi pH o'zgarishi



8-rasm. 50 mg/l (PAA, kraxmal, kaolin) suspenziyani turli haroratlardagi elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishi



9-rasm. 2g/l NB+50mg/l PAA, kraxmal, kaolin suspenziyalari pH



10-rasm. 2g/l NB+50mg/l PAA, kraxmal, kaolin suspenziyalari elektr o'tkazuvchanligi

Kimyoviy tahlil natijalari jadvali (GMZ-3)

№	Namuna olingan joy va tozalash uchun suspenziya miqdori	pH	Quruq qoldiq, mg/dm <sup>3</sup>	Kationlar, mg/dm <sup>3</sup>		Anionlar, mg/dm <sup>3</sup>			Suvning umumiy qattiqligi, mg-ekv/dm <sup>3</sup>
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
<b>Tozalashgacha bo'lgan suvning tahlil natijalari</b>									
1.	Namuna joyi (S-100-1)	7,89	7198	581,1	206,7	648,7	1454	797,5	46,0
<b>Tozalashdan keyingi tahlil natijalari</b>									
2.	2 g NB+50 mg PAA	6,90	2705	235,45	91,1	185,4	640	484,3	19,33
3.	2 g NB+50 mg Kraxmal	6,40	2823	303,08	135,2	261,0	751,5	594,8	26,38
4.	2 g NB+50 mg Kaolin	6,97	2752	265,51	127,5	261,0	921,0	537,8	23,87
5.	2 g NB+100 mg Kaolin	7,08	2683	285,55	106,3	273,2	617,0	538,1	23,08
6.	2 g NB+100 mg PAA	7,15	2634,8	123,34	92,96	131,8	521,2	441,3	13,89
7.	2 g NB+100 mg Kraxmal	7,12	3040,8	279,4	102,08	161,0	831,0	543,7	22,44
8.	5 g NB+50 mg PAA	7,23	2778,6	250,5	35,24	154,9	520,1	456,2	15,92
9.	5 g NB+50 mg Kraxmal	7,37	3070,6	260,4	123,34	187,9	816,9	538,7	23,0
10.	5 g NB+50 mg Kaolin	7,36	2769,0	215,4	92,96	167,1	834,7	468,2	18,48
11.	5 g NB+100 mg Kraxmal	6,90	2705,0	235,45	91,1	185,4	2480	544,2	19,33
12.	5 g NB+100 mg PAA	7,23	2778,6	185,14	65,01	174,9	2220	432,6	14,64
13.	5 g NB+100 mg Kaolin	7,36	2769,0	225,8	102,96	167,1	2340	486,4	19,87

Elektr o'tkazuvchanlik qiymati ham shu haroratda ortadi va 230-255 mS qiymatlarni qabul qiladi (3-4 rasmlar).

Olingan egri chiziqlardan natijalarni solishtirganda PAA eritmasini 50 va 100 mg/l konsratsiyalarida pH va elektr o'tkazuvchanlik qiymatlarini optimal deb olsak bo'ladi.

PAA, kraxmal va kaolinni 50 mg/l konsratsiyali suspenziyalarini bentonitni 2 g/l eritmasi bilan aralashtirib gomogen holatga keltirib, ularning pH va elektr o'tkazuvchanligi o'rganildi. Bu qiymatlar juda kam o'zgarishga ega (9-10 rasmlar). Sanoat oqava suvlarini tozalash maqsadida ushbu tayyorlangan suspenziyalardan foydalanildi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Oqova suv tarkibidagi ionlar miqdori Ca<sup>2+</sup>-581,1 mg/dm<sup>3</sup>, Mg<sup>2+</sup>-206,7 mg/dm<sup>3</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 648,7 mg/dm<sup>3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 1454 mg/dm<sup>3</sup>, Cl<sup>-</sup> – 797,5 mg/dm<sup>3</sup> va suvning umumiy qattiqligi 46,0 mg-ekv/dm<sup>3</sup> ga quruq qoldig'i esa 7198 mg/dm<sup>3</sup> ga teng. Tayyorlangan suspenziyalar PAA, kraxmal va kaolin bilan ushbu oqava suvni tozalanimizda yuqorida keltirilgan

ionlarni miqdori tegishli tartibda qo'yidagicha o'zgardi Ca<sup>2+</sup> – 235,45; 303,08; 265,51 mg/dm<sup>3</sup>, Mg<sup>2+</sup> – 91,1; 135,2; 127,5 mg/dm<sup>3</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 185,4; 261,0; 261,0 mg/dm<sup>3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 640,0; 751,5; 921,0 mg/dm<sup>3</sup>, Cl<sup>-</sup> – 484,3; 594,8; 537,8 mg/dm<sup>3</sup> va suvning umumiy qattiqligi 19,33; 26,38; 23,87 mg-ekv/dm<sup>3</sup> ga, quruq qoldig'i esa 2705; 2823; 2752 mg/dm<sup>3</sup> ga teng.

Birinchi bor Navbahor bentoniti asosida polimer moddalar bilan turli tarkibda suspenziyalar tayyorlandi.

Olingan suspenziyalarning turli haroratlarda miqdori bilan pH, elektr o'tkazuvchanligi o'rtasidagi bog'liqlik o'rganildi va dastlabki PAA, kraxmal, kaolin va bentonit qiymatlariga nisbatan keskin o'zgarish kuzatilmadi.

Suspenziyalar bilan sanoat oqova suvlarini tozalanganda kation va anionlar miqdorini, suvning umumiy qattiqligini kamaytirishi aniqlandi. Mahalliy xom-ashyolar asosida oqova suvlarni tozalash usullari tadqiq qilindi.

### Bibliografik ro'yxat:

1. Запольский А.К. Очистка воды коагулированием. – Каменец-Подольский: «Медоборы-2006», 2011. – 296 с.
2. Комаров В.С., Ратько А.И. Адсорбенты: получение, структура, свойства – Минск, «Беларусская наука», 2009. – 256 с.
3. Аксенов В.И. Аксенов, В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий. К1. – М.: Теплотехник, 2005. – 640 с.
4. Аксенов В.И. и др. Водное хозяйство промышленных предприятий. К2. – М.: Теплотехник, 2005. – 432 с.
5. Wang L.K., Shammass N.K. Waste treatment in the metal manufacturing, forming, coating, and finishing industries. Boca Raton. – CRC Press, 2009. – 494 p.
6. Allayorov N. B., Vapoev X. M., Aliyev T. B. STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING NEW TYPES OF REAGENTS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF CLOSED WATER CIRCULATION CYCLES // EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR). – 2022. – T. 8. – No. 9, pp. 282-286.
7. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 356 с.
8. Зельдова А.И. Ресурсосберегающая технология реагентной очистки металлсодержащих сточных вод и утилизации отработанных медноаммиачных растворов: автореф. дис. ...канд. техн. наук // А.И. Зельдова. – Казань, 2008. – 20 с.
9. Allayorov N.B., Vapoev X.M., Aliyev T.B. WASTEWATER TREATMENT OF HYDROMETALLURGICAL PRODUCTIONS //EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR). 2023. – T. 9. – No. 11, pp. 184-186.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ИЗ ПИРОЛИЗА ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН



**Жураев Ш.Т.,**  
декан  
сельско-хозяйственного факультета,  
доцент НГГТУ, к.х.н.



**Мухиддинов Б.Ф.,**  
профессор кафедры  
«Химическая технология» НГГТУ,  
д.х.н.



**Тайлаков У.Т.,**  
руководитель группы  
УМТС АО «НГМК»

Dunyoda eskirgan avtomobil shinalarini qayta ishlash muammosi tobora dolzarb bo'lib bormoqda. Har yili dunyoda ko'p miqdorda eskirgan shinalar qayta ishlanadi: Evropada – 12 million tonnadan ortiq, AQShda – 2,5 million tonna, Buyuk Britaniyada – deyarli 700 ming tonna, Yaponiyada – 1411 ming tonna, Fransiyada – 550 ming tonnadan ortiq, Rossiyada – 2 million tonnada. Samarali qayta ishlash tizimlari yo'qligi sababli, chiqindi shinalarning katta qismi poligonlarga ko'milib, qimmatbaho yerlarni egallab, atrof-muhitni ifloslantirmoqda. Eskirgan avtomobil shinalaridan, shina bo'lakchalari 63-69% rezina, 17-27% texnik uglerod va 9-16% metall simni o'z ichiga olgan qimmatbaho ikkilamchi xom ashyo olish mumkin. Shinalarni qayta ishlashning mavjud usullarini ikki toifaga bo'lish mumkin bular fizik va kimyoviy.

Usullar orasida termal parchalanish (piroliz) eng maqbul yo'l hisoblanadi, chunki u texnik uglerod kabi qimmatbaho qayta ishlangan mahsulotlarni olish imkonini beradi va chiqindilarni yo'q qilishdan ekologik zararlanishni kamaytiradi. Qayta ishlash ulushini oshirish va ifloslantiruvchi chiqindilarni kamaytirish uchun turli mamlakatlarda chiqindi shinalarni qayta ishlash tizimi takomillashtirilmoqda.

**Tayanch iboralar:** piroliz, texnik uglerod, rezina, sochma zichlik, kul, namlik, rentgen fazali tahlil, derivatografiya, mikroskopiya.

В мире проблема утилизации изношенных автомобильных шин приобретает всё большую актуальность. Ежегодно в мире образуется огромное количество отработанных шин: в Европе – более 12 миллионов тонн, в США – 2,5 миллиона тонн, в Великобритании – почти 700 тысяч тонн, в Японии – 1411 тысяч тонн, во Франции – более 550 тысяч тонн, а в России – более 2 миллиона тонн. Из-за отсутствия эффективных систем переработки большая часть отработанных шин захороняется на полигонах, занимая ценные земли и загрязняя окружающую среду.

К счастью, автомобильная шина – это ценное вторичное сырьё, содержащее 63-69% резины, 17-27% технического углерода и 9-16% металлического корда. Существующие методы утилизации шин можно разделить на две категории: физические и химические. Среди них, термическое разложение (пиrolиз) является оптимальным методом, так как позволяет получать ценные продукты переработки, такие как технический углерод, и снижает экологическую нагрузку от захоронения отходов. Важно улучшать систему переработки отработанных шин в разных странах, чтобы увеличить долю переработки и сократить количество отходов, загрязняющих окружающую среду.

**Опорные слова:** пиrolиз, технический углерод, резина, насыпная плотность, зольность, влажность, рентгенофазовый анализ, дериватография, микроскопия.

Постоянный рост количества автомобилей во всем мире приводит к нарастающей проблеме утилизации изношенных шин. Только в Европе ежегодно образуется более 13 млн т отработанных шин, как свидетельствуют данные Европейской Ассоциации по вторич-

ной переработке шин. Эта проблема актуальна и для Узбекистана, где АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (АО «НГМК») ежегодно накапливает около 1100 т отработанных шин. Переработка использованных шин имеет решающее значение, и



**Рис. 1.** Микроскопический общий вид технического углерода после пиrolиза

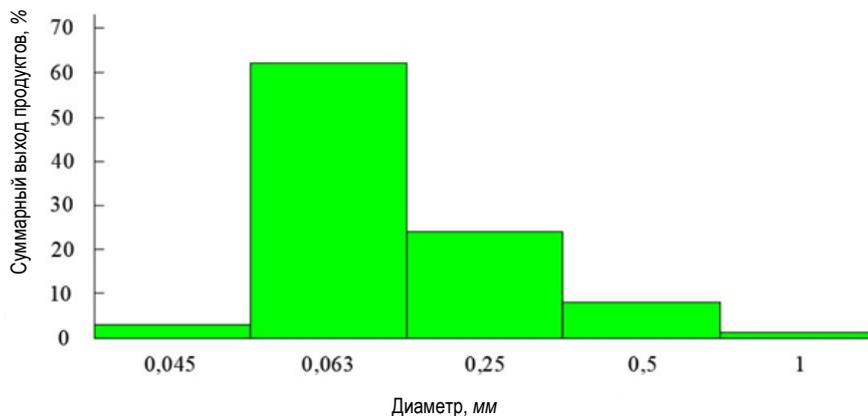


Рис. 2. Гранулометрический состав измельченного технического углерода

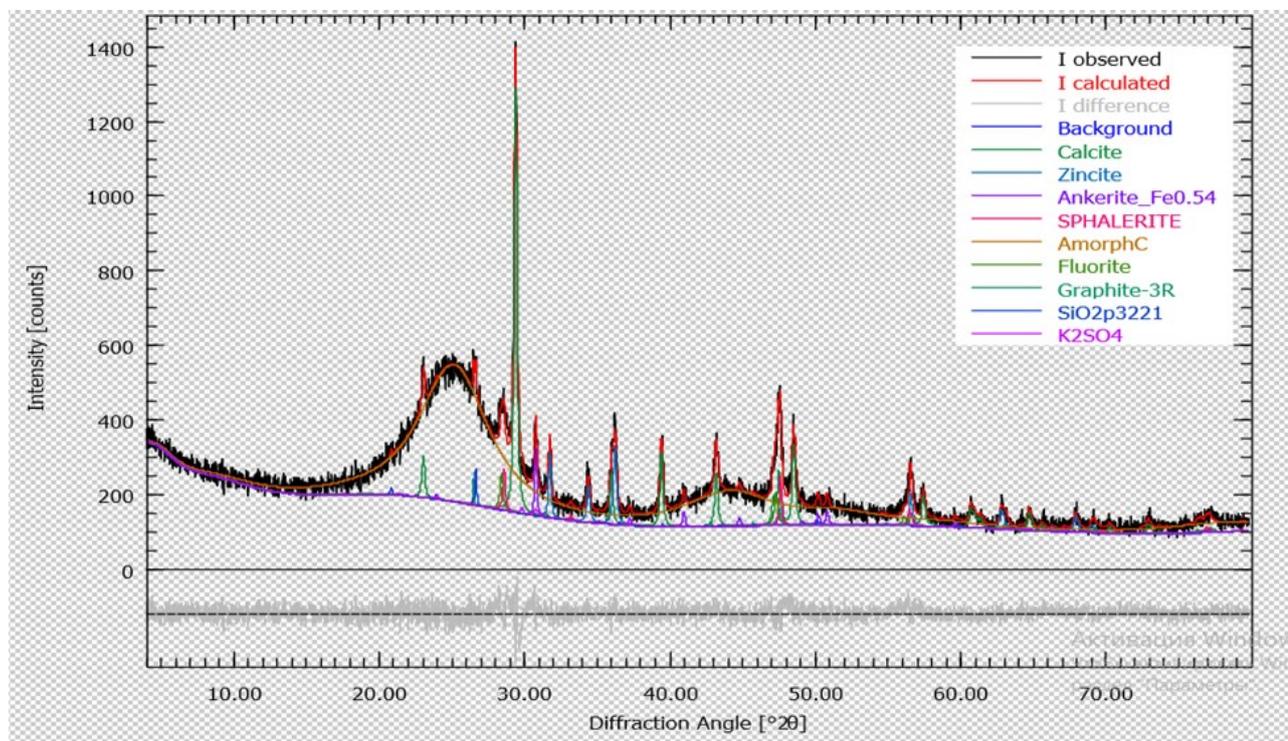


Рис. 3. Рентгенограмма углеродсодержащего материала, полученного пиролизом изношенных автомобильных шин

существующие методы можно разделить на две категории: физические и химические. Среди них термическое разложение, в частности пиролиз, считается наиболее эффективным методом. Пиролиз предлагает перспективное и экологически чистое решение для переработки этих шин, позволяя получать ценные химические продукты, в частности сажу.

Применение сажи зависит от её уникальных физико-химических свойств, но многие переработчики ограничиваются основными характеристиками, такими как содержание летучих веществ, температура кипения, влажность, содержание серы и pH. Чтобы раскрыть полный потенциал сажи, необходимо провести детальное исследование её физико-химических свойств. Это особенно актуально для АО «НГМК», который эксплуатирует пиролизный узел с производительностью одна тонна шин в день. Глубокое понимание свойств сажи позволит идентифицировать и расширить

сферы её применения, способствуя более устойчивому и циклическому подходу к утилизации шин.

В исследовании использовался технический углерод, полученный пиролизом изношенных автомобильных шин. Были определены некоторые ключевые физико-химические характеристики. Зольность (Ad) – по ГОСТ 1022-95, массовая доля, влаги (Wa) – по ГОСТ 52917-2008, гранулометрический состав – по ГОСТ 2093-82.

Для проведения рентгенофазового анализа использовался порошковый рентгеновский дифрактометр «Shimadzu XRD-6100» с медной трубкой (Cu), детектором сцинтилляционного типа.

Микроскопический анализ проводился на приборе «Diotox1500» [1-2].

В процессе термоокислительного пиролиза образуется технический углерод, представляющий собой относительно хрупкий, кусковый черный с сероватым оттенком, с неприятным

запахом вещество (рис. 1 а), в некоторых кусках которого присутствуют металлические включения (рис. 1 б).

Анализ результатов исследования (рис. 2) показал, что частицы технического углерода имеют неоднородный размер. Большая часть частиц (63%) имеет размер от 0,045 до 0,25 мм, а именно около 0,063 мм. Частицы размером от 0,063 до 0,5 мм составляют 24%, а частицы более 0,5 мм – около 9% от общей массы [3-5].

Применение технического углерода, содержащего измельчённые металлические включения, в качестве наполнителя для резинотехнических изделий негативно сказывается на их качестве. Для удаления металлических включений используется магнитная сепарация. После измельчения технический углерод превращается в дисперсный порошок темно-черного цвета. Измельченный технический углерод рекомендуется в качестве наполнителя для полимеров и полимерных материалов. Сажу, как правило, применяют в качестве структурирующего наполнителя для полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и других полиолефинов. Введение сажи повышает долговечность полимерных материалов и их сопротивление световому старению.

В табл. 1 представлены физико-химические характеристики технического углерода в исходном (до измельчения, УМ-1) и измельченном (УМ-2) виде.

Таким образом, предложенная нами очистка пироуглерода от неорганических компонентов позволяет получать из него технический углерод достаточно высокого качества.

Перед использованием технического углерода измельчали лабораторной щековой дробилкой марки ВВ 600. Определяли гранулометрический состав измельчённого технического углерода, результаты которого приведены на рис. 2.

Анализ результатов исследования (табл. 2) показывает что, уменьшение размера частиц углеродсодержащего материала приводит к увеличению насыпной плотности, кислотности, влажности и практически не влияет на зольность [6-8].

Увеличение кислотности и влаги связано с тем, что частицы меньшего размера, с большой удельной поверхностью, легче сорбируют кислород из окружающей среды с образованием комплексного соединения.

Исследован также состав углеродсодержащего материала методом рентгенофазового анализа, результаты которого представлены на рис. 1. Дифрактограммы были получены на порошковом рентгеновском дифрактометре марки «Shimadzu XRD-6100» оснащённым медной (Cu) трубкой ( $K_{\infty 1}=1,5406\text{Å}$ ,  $K_{\infty 2}=1,5443\text{Å}$ ,  $K_{\infty 2}/K_{\infty 1}=0,5$ ).

Детектор-сцинтилляционный. Рентгенофазный анализ методом Ритвелда производился на программном обеспечении «Profex-Open source XRD and Reitveld Refinement», результаты которого представлены в табл. 2.

Анализ результатов исследования (табл. 4) показывает, что технический углерод состоит в основном из аморфного углерода (88,24%), кальцита (7,59%), анкерита (1,21%), окиси цинка (1,14%) и других компонентов.

Таким образом, проведённый рентгенофазовый анализ углеродсодержащего материала показал его состав с содержанием в нём различных компонентов.

Проведено исследование физико-химических свойств технического углерода, полученного пиролизом изношенных автомобильных шин. Определены такие характеристики, как насыпная плотность, зольность, pH, влажность и гранулометрический состав. Установлено, что уменьшение размера частиц технического углерода приводит к увеличению насыпной плотности, кислотности, влажности, но практически не влияет на зольность. Рентгенофазовый анализ показал, что технический углерод преимущественно состоит из аморфного углерода (88,4%), кальцита (7,59%), анкерита (1,21%), оксида цинка (1,14%) и других незначительных компонентов. Термический анализ установил температурный диапазон разложения остатков технического углерода – от 150 до 900°C.

## Библиографический список:

1. Булавин О.В., Пашкевич В.М. Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научно-практической конференции. – Т. 2. – Донецк: ООО «Лебедь», 2004. – С.103-108
2. Хептнер, Ханс-Дитнер. Рециклинг отработанных шин: технологические новации // Ханс-Дитнер Хептнер // Твёрдые бытовые отходы, 2014. № 3. – С. 56-58.
3. Чич Саида Кимовна. Пиролиз как оптимальный метод утилизации отработанных автомобильных шин // Новые технологии. Майкопский государственный технологический университет. № 3, 2009 г. – С. 62-65.
4. Shokhrux J. et al. Production Of Alternative Fuels From Wear-Out Tires And Rubber Materials // Journal of Pharmaceutical Negative Results. – 2022, pp. 1540-1544.
5. Juraev S.T., Ibodullaev A.S., Mukhiddinov B.F. Investigation of The Properties Of Rubber Compositions Filled With Carbon Material // International Journal of Recent Advancement in Engineering & Research. – 2018. – Т. 4. –No. 04, pp. 21-27.
6. Jo'raev S.T. et al. Thermogravimetric analysis of waste car tires. – 2023.
7. Shohrux J. et al. X-RAY PHASE ANALYSIS OF CARBON-CONTAINING MATERIAL PRODUCED BY PYROLYSIS OF WORN-OUT CAR TIRES // Universum: технические науки. – 2023. – No. 5-8 (110), pp. 8-11.
8. Джураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Ибодуллаев А.С. Исследование технологических свойств резиновых смесей на основе синтетических каучуков, наполненных углеродсодержащим материалом // Евразийский Союз Ученых. – 2020. – № 3-2 (72). – С. 13-19.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ



**Яхшиев Ш.Н.,**  
доцент кафедры  
«Технология машиностроения»  
НГГТУ, PhD



**Эгамбердиев И.П.,**  
профессор кафедры  
«Технология машиностроения»  
НГГТУ, д.т.н.



**Мамадияров А.Ж.,**  
докторант кафедры  
«Технология машиностроения»  
НГГТУ

Tishli g'ildiraklarni loyihalashda kontakt kuchlanish g'ildiraklar ilashmasi uchun asosiy parameter bo'lib hisoblanadi. Ushbu maqolada tishli g'ildiraklardagi maksimal kuchlanishni aniqlash uchun HT-250M stanogining tezliklar qutisidagi ikkinchi uzatma sifatida bir juft g'ildiraklarning kontakt kuchlanishlari tahlili keltirilgan. Gers tenglamasining nazariy qiymatlaridan olingan kontakt kuchlanishlarni, chekli elementlar usuli (CHEU) orqali tahlil qilish bilan taqqoslanadi. Tahlil qilish uchun po'lat 40X ГОСТ 4543-2016, 05X16H4D2B zanglamaydigan po'latdan va alyuminiydan foydalanilgan. Tishli g'ildiraklar SolidWorks V20 dasturi yordamida modellashirilgan va yig'ilgan hamda CHEU ANSYS V21 dasturi yordamida amalga oshirilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, nazariy Gers tenglamasidan olingan kontakt kuchlanish CHEU natijalariga nisbatan ancha yuqoriroq, shuning uchun ikkala natijani solishtirish mumkin.

**Tayanch iboralar:** kontakt kuchlanish, ANSYS, to'g'ri tishli g'ildirak, Gers tenglamasi, chekli elementlar tahlili, quvvat, moment, tezlik.

Контактное напряжение в сопрягаемых колёсах является ключевым параметром при проектировании зубчатых колёс. В данной статье представлен анализ контактных напряжений пары прямозубых шестерён в качестве второй передачи в коробке скоростей токарного станка HT-250M с целью определения максимального напряжения в зубьях шестерён. Контактные напряжения, полученные на основе теоретических значений уравнения Герца, сравниваются с методом анализа конечных элементов (МКЭ). Для анализа, в качестве материалов прямозубой шестерни использованы сталь 40X ГОСТ 4543-2016, нержавеющая сталь 05X16H4D2B, и алюминий. Прямозубые шестерни моделируются и собираются в программном обеспечении SolidWorks V20, а МКЭ выполняется с использованием программного обеспечения ANSYS V21. Результаты показывают, что контактное напряжение, полученное из теоретического уравнения Герца, намного выше по сравнению с результатами МКЭ, следовательно, оба результата сопоставимы.

**Опорные слова:** контактное напряжение, ANSYS, прямозубая передача, уравнение Герца, МКЭ, мощность, момент, скорость.

Зубчатые передачи являются одним из наиболее важных элементов передачи мощности, поскольку они играют значительную роль в отрасли машиностроения. Зубчатая передача используется для передачи мощности и вращательного движения между параллельными валами. Это один из самых простых типов передач. Поверхностное разрушение зуба шестерни представляет собой питтинг, когда контактное напряжение превышает предел прочности материала к поверхностной усталости. В данной работе методом конечных элементов в статических условиях исследуются контактные напряжения в зоне контакта между прямозубыми парами шестерён [1].

Контактное напряжение в зацеплении пары зубьев шестерни определяет способность шестерни передавать мощность без вреда. Контактное напряжение в зубчатых передачах играет важную роль в последние годы, но все еще необходимы обширные исследова-

ния, чтобы понять некоторые параметры, влияющие на это напряжение. Среди этих параметров наиболее важными факторами, влияющими на поверхностное контактное напряжение, являются: материал, количество зубьев, модуль и ширина колеса. В настоящем исследовании контактное напряжение в прямозубой шестерне рассчитывается путём изменения одного из этих параметров и сохранения постоянным, чтобы получить влияние каждого параметра на контактное напряжение отдельно на основе уравнений ГЕРЦА и метода конечных элементов (МКЭ).

Питтинговое разрушение зуба шестерни происходит из-за несоосности, неправильного выбора вязкости масла и контактного напряжения, превышающего предел текучести материала. Материал в зоне разрушения удаляется и образуется ямка. Следовательно, более высокая ударная нагрузка, возникающая из-за точечной коррозии, может привести к разрушению и без того ослабленного зуба.

Таблица 1

Свойства материала

Свойства	Сталь 40X ГОСТ 4543-2016	Нержавеющая Сталь 05X16H4D2B	Алюминий
Плотность ( $\rho/\text{см}^3$ )	7,82	7,78	2,7
Модуль Юнга ( $E/\text{Па}$ )	214	196	70
Коэффициент Пуассона	0,3	0,3	0,3

Таблица 2

Размеры цилиндрической шестерни

Параметры	Шестерня	Колесо
Число зубьев ( <i>шт.</i> )	$Z_1=30$	$Z_2=60$
Модуль нормальный ( <i>мм</i> )	$m_n=3,5$	$m_n=3,5$
Нормальный исходный контур	ГОСТ 13755-2015	ГОСТ 13755-2015
Делительный диаметр ( <i>мм</i> )	105	210
Ширина колеса ( <i>мм</i> )	$b_1=29$	$b_2=29$

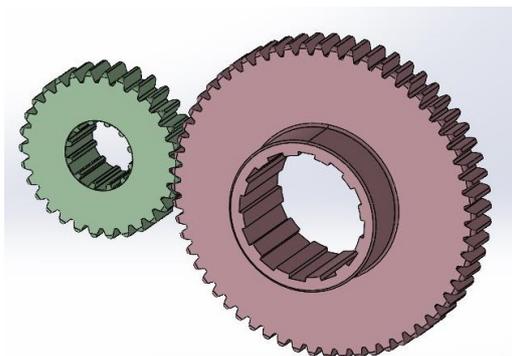


Рис. 1. Сборка комплекта прямозубых колёс

Таблица 3

Технические характеристики

Модель	Станок токарный НТ-250М
Мощность двигателя	10 кВт
Максимальный крутящий момент	95,5 Н/м=95500 Н/мм
Максимальная скорость на вращение	1000 об./мин

Рабочие характеристики и срок службы зубьев шестерни напрямую связаны с прочностью зубьев выдерживать контактные напряжения. Для увеличения срока службы анализ зубчатой передачи имеет решающее значение для предотвращения точечного разрушения [4].

Контактное напряжение может вызвать образование ямок на зубе, поэтому контактное напряжение должно находиться в допустимых пределах. Чтобы объяснить поведение контактного напряжения, необходимо провести анализ напряжения. Среди основных влияющих факторов: геометрический профиль зуба (материал, количество зубьев, модулей и ширина колеса) может обсуждаться.

Vivek Karaveer, Ashish Mogrekar и Т. Preman Reynold Joseph объяснили анализ напряжения прямозубой шестерни, чтобы найти максимальное контактное напряжение в зубьях. Они сравнили результаты анализа FEA с уравнением контакта Герца для материалов: серого чугуна и стали. Они создали модель в ANSYS Design Modeler, а анализ выполнен с использованием программного обеспечения ANSYS. Они пришли к выводу, что значения напряжений стальных и серых чугунных передач сопоставимы [8]. S Mahendran, K. M. Eazhil, и Senthil Kumar изучили снижение веса и распределение напряжений, анализ ударов, крутящую нагрузку литой стали и композитных материалов для модели Tata Super Ace. Моделирование зубчатых колес выполняется с помощью программного обеспечения SOLIDWORKS, а анализ — с помощью программного обеспечения ANSYS. Они сравнили и проанализировали составные шестерни с литой сталью. Они пришли к выводу, что значения напряжений, деформации и веса прямозубой шестерни из композитного материала меньше, чем из литой стали [6].

Целью работы является проведение анализа контактных напряжений пары прямозубых шестерен второй передачи коробке скоростей токарного станка НТ-250М. Контактные напряжения, полученные в результате теоретических расчетов, сравниваются с методом конечных элементов. Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, нержавеющей Сталь 05Х16Н4Д2Б, и алюминий.

Описание проекта: Моделирование выполняется с использова-

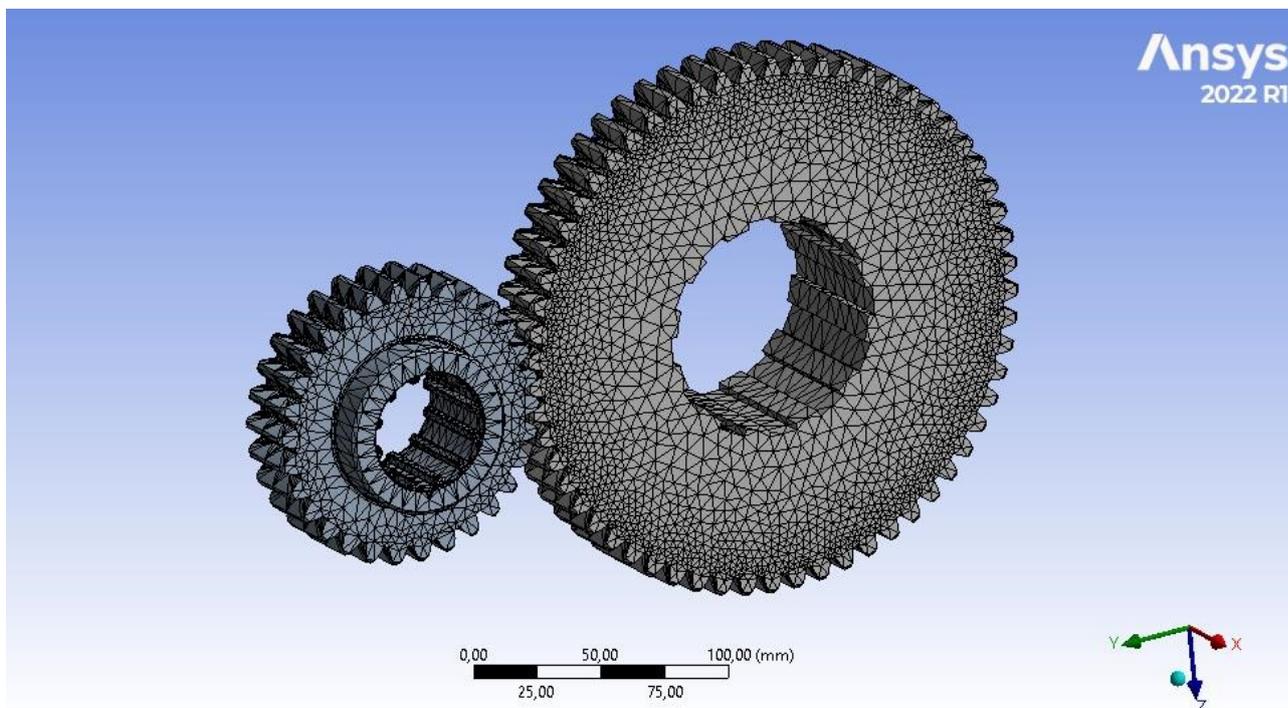


Рис. 2. Типичный вид прямозубой шестерни с зацеплением

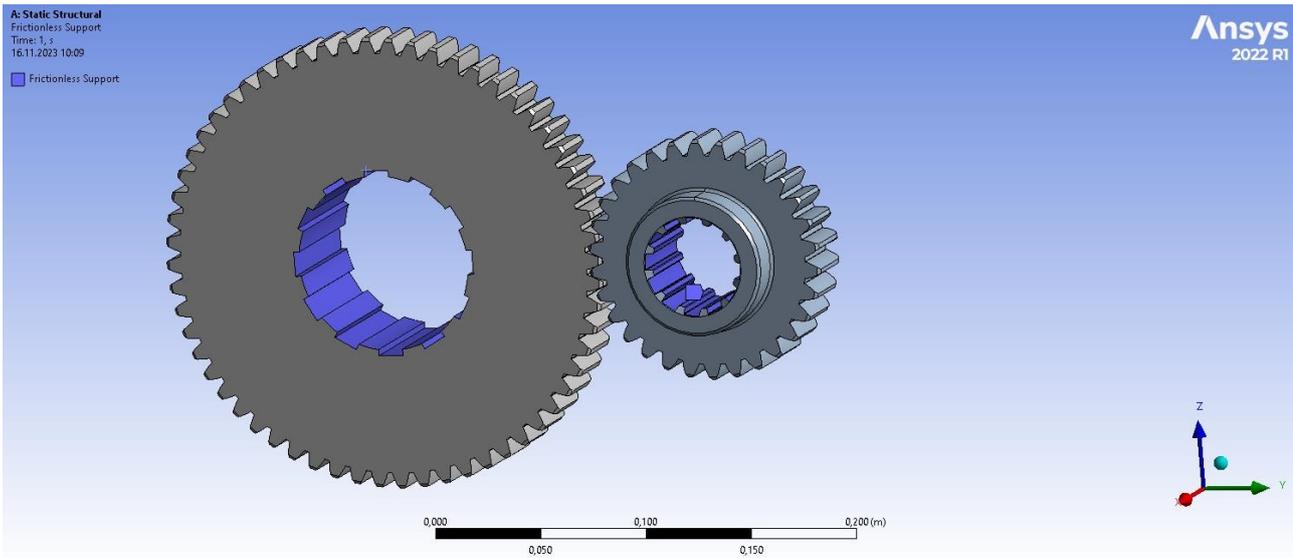


Рис. 3. Граничные условия на прямозубом приводе

нием программного обеспечения Solidworks V21 (Рис.1). Максимальное контактное напряжение прямозубой шестерни определяется при передаче крутящего момента 95,5 Нм с помощью Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, нержавеющей Сталь 05Х16Н4Д2Б, и алюминий материалы с использованием анализа методом конечных элементов.

Теоретический расчет контактного напряжения (уравнение Герца)

Контактное напряжение для Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{F \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}{R_1 \times B \times \pi \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}\right) \sin \alpha}} \quad (1)$$

$\sigma_c$  - Максимальное значение контактного напряжения (Н/мм<sup>2</sup>)

$F$  - Сила сжатия двух цилиндров вместе (Н)

$B$  - Ширина колеса

$\mu_1$  - Коэффициент Пуассона 1- цилиндра

$\mu_2$  - Коэффициент Пуассона 2- цилиндра

$E_1$  - Модуль упругости 1- цилиндра (Н/мм<sup>2</sup>)

$E_2$  - Модуль упругости 2- цилиндра (Н/мм<sup>2</sup>)

$\alpha$  - угла давления 20°

$$m = F \times R \quad (2)$$

$$F = \frac{m}{R}$$

$m$  - Крутящий момент (Нм)

$F$  - Сила сжатия двух цилиндров вместе (Н)

$R$  - Радиус делительного диаметра шестерни (м)

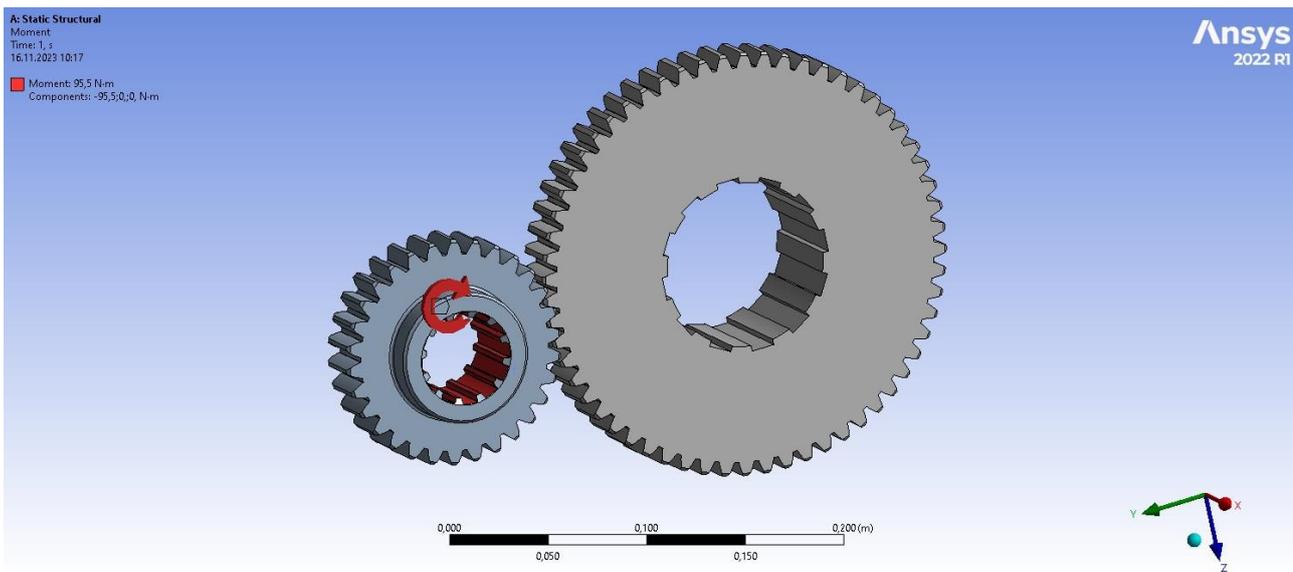


Рис. 4. Приложение момента к шестерне

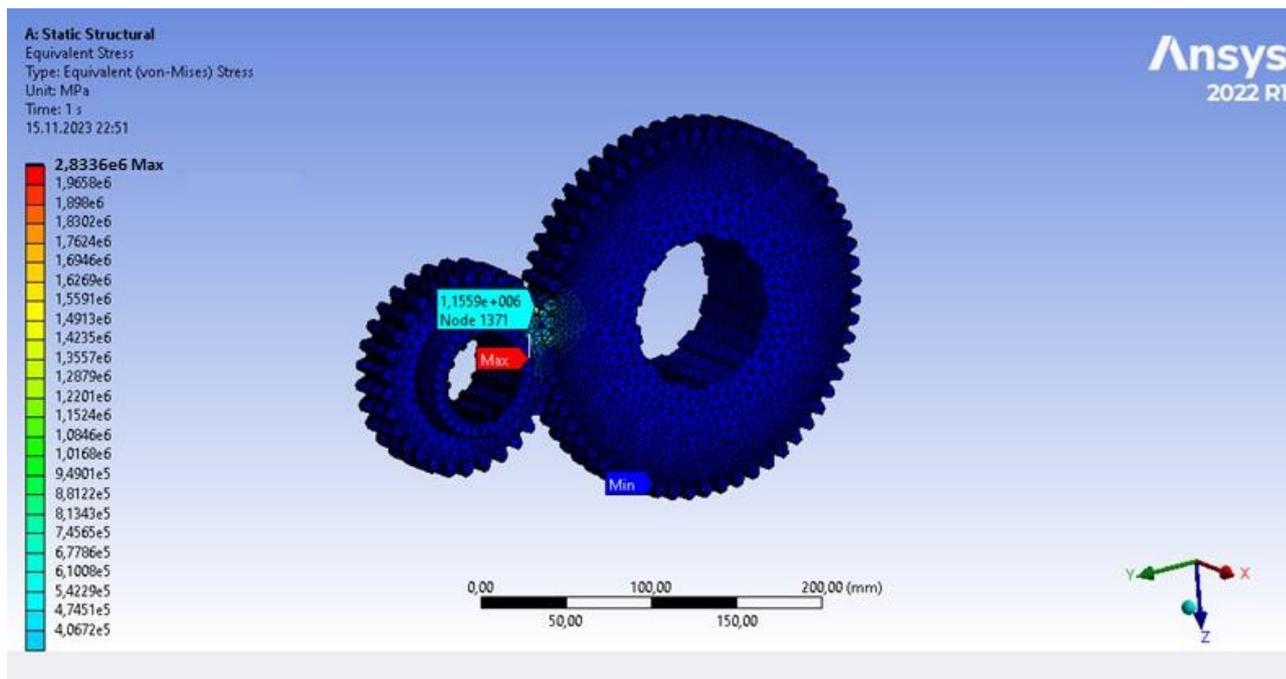


Рис. 5. Эквивалентное напряжение (вон-Мизеса)

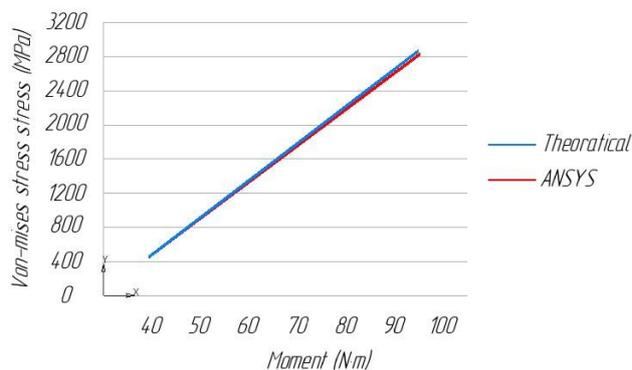


Рис. 6. Момент в зависимости от напряжения вон-Мизеса для сталь 40X ГОСТ 4543-2016

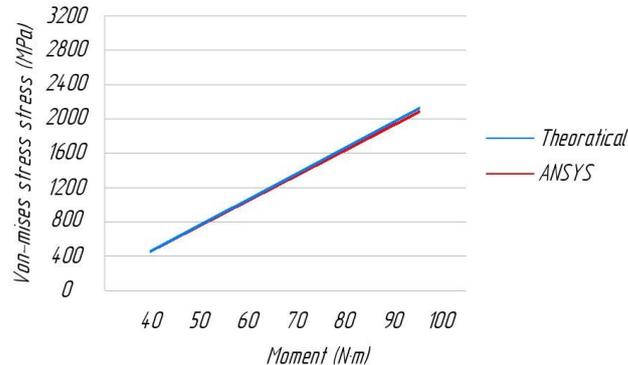


Рис. 8. Момент в зависимости от напряжения вон-Мизеса для Al

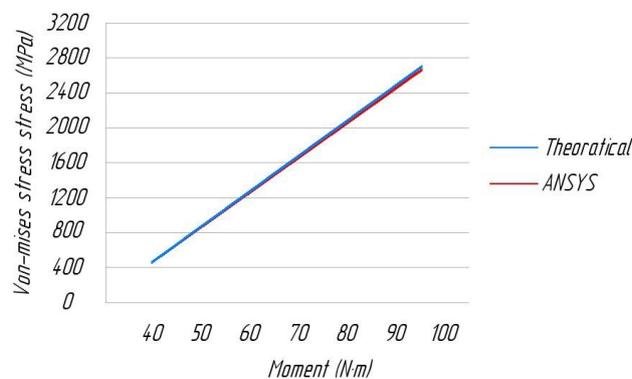


Рис. 7. Момент в зависимости от напряжения вон-Мизеса для Стали 05X16H4D2B

$$F = \frac{95,5}{0,0525} = 1819 \text{ H/m}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{1819 \left(1 + \frac{105}{210}\right)}{105 \times 19 \times 3,14 \left(\frac{1 - 0,3^2}{214^3} + \frac{1 - 0,3^2}{214^3}\right) \sin 20^\circ}} = 2995 \text{ MPa}$$

Анализ расчета контактного напряжения методом конечных элементов. Создание сетки.

В анализе FEA вычислительная область дискретизируется на количество элементов, а узлы элементов известны как точки сетки. Процесс дискретизация области называется сеткой. Мелкая сетка выполняется размером 1 мм (Рис.2).

Граничные условия

Опора без трения применяется к внутреннему ободу шестерни, и к внутреннему ободу колеса (Рис.3).

Момент 95,5 Нм прикладывается к шестерне в направлении по часовой стрелке в качестве крутящего момента (Рис.4).

Результаты МКЭ Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 (Рис.5)

На рис. 6. показано Момент в зависимости от напряжения вон-Мизеса для сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, что можно увидеть результаты по теоретической уравнений ГЕРЦА незначительно больше чем результаты метода конечных элементов (МКЭ). На рис.7. показано Момент в зависимости от напряжения вон-Мизеса для Стали 05Х16Н4Д2Б, что можно увидеть результаты по теоретической уравнений ГЕРЦА незначительно больше чем результаты метода конечных элементов (МКЭ).

Аналогична повторяем расчет для алюминия.

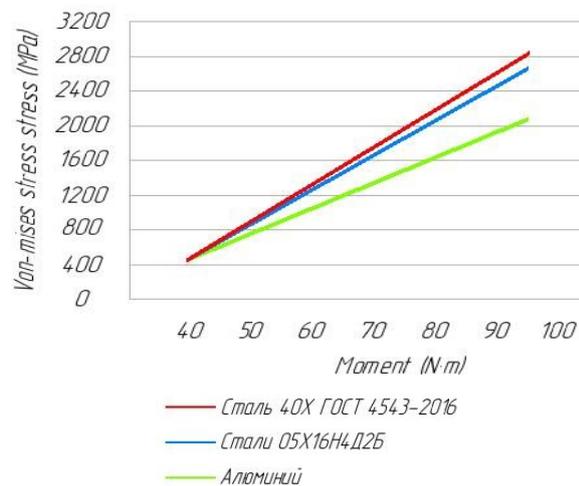
На рис. 8. показан Момент в зависимости от напряжения фон-Мизеса для Алюминия, что, тоже можно увидеть результаты по теоретической уравнений ГЕРЦА незначительно больше чем результаты метода конечных элементов (МКЭ).

**Заключение.** Разница между теоретическими результатами контактного напряжения прямозубого привода и результатами МКЭ очень мала. Следовательно, оба результата сопоставимы. Теоретическое напряжение вон-Мизеса для Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 и результаты МКЭ для Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 сопоставимы. Аналогично, теоретическое контактное напряжение Стали 05Х16Н4Д2Б, Алюминия и результаты МКЭ сопоставимы. Мы пришли к выводу, что напряжения, вызванный в Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 материала выше, чем у Стали 05Х16Н4Д2Б и Алюминия, а напряжение, возникающее в материале Стали 05Х16Н4Д2Б, выше, чем в Алюминии, поэтому мы полагаем, что нержавеющая Сталь и Алюминиевый материал лучше подходит, чем легированный сталь для минимизации напряжения в зубчатой передаче.

Таблица 4

**Сравнение контактного напряжения, полученного по уравнению Герца, с результатами МКЭ**

Материал	Контактное напряжение		
	ANSYS	ГЕРЦ	Ошибка
Сталь 40Х	2833	2995	5%
Сталь 05Х16Н4Д2Б	2611	2783	6%
Алюминий	2155	2261	5%



**Рис. 9.** Момент в зависимости от напряжения вон Мизеса для Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, нержавеющая Сталь 05Х16Н4Д2Б, и алюминий

#### Библиографический список:

1. Abdullah Akpolat. Analysis of Contact Stresses in Spur Gears by Finite Element Method // European Journal of Science and Technology. December, 2019. No. 17, pp. 539-545.
2. Farhan, M. Karuppanan, S. and Patil, S. S. Frictional contact stress analysis of spur gear by using Finite Element Method. in Applied Mechanics and Materials // Trans Tech Publications. 2015. No. 772, pp.159-163.
3. Huei-Huang Lee. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 14 // SDC Publications. 2012. pp. 142-147.
4. Kristina Markovic, Marina Franulovic. Contact Stresses in Gear Teeth due to Tip Relief Profile Modification // UDC 621.833.15:62-233.5. 2011. pp. 19-26.
5. Sachin Almelkar, Prof I.G.Bhavi.. Comparison of analytical and FEA of contact analysis of spur gear drive // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2016. Volume. 03 Issue. 09, pp. 620-624.
6. S. Mahendran, K. M. Eazhil, and Senthil Kumar. Design and analysis of composite spur gear // IJRSI November 2014. Vol.1, Issue.6.
7. Vera Nikolic-Stanojevic, Ivana (Atanasovska) Cvejic. The Analysis of Contact Stress on Meshed Teeth's Flanks Along the Path of Contact for a Tooth Pair // Mechanics, Automatic Control and Robotics, 2003. Volume 3, pp. 1055-1066.
8. Vivek Karaveer, Ashish Mogrekar and T. Preman Reynold Joseph. Modeling and FEA analysis of Spur Gear // International Journal of Current Engineering and Technology December 2013. Vol.3, No.5.
9. Putti SrinivasRao, NadipalliSriraj, and Mohammad Farookh. Contact stress analysis of spur gear for different materials using ANSYS and Hertz equation // International journal of Modern Studies in Mechanical Engineering. June 2015. Vol.1, Issue.1.
10. Utkarsh M Desai, Dhaval A Patel. Modeling and stress analysis of composite material for spur gear under static loading condition // ISSN, 2015. Vol.1, Issue.2.
11. Mohammad Jebran Khan, Arunish Mangla, and Sajad Hussain Din. Contact stress analysis of stainless steel spur gears using FEA analysis and comparison with theoretical results using hertz theory // International Journal of Engineering Research & Applications. April 2015. Vol.5. Issue.4.

## FREZALASH DASTGOHLARIDA YUQORI TEZLIK BILAN ISHLOV BERISHNING NAZARIY TADQIQOT NATIJALARI



**Mamadiyrov M.Yu.,**  
«NKMK» AJ NMZ IChB  
Bosh texnolog bo'limi  
muhandis-texnologi



**Djuraeva D.M.,**  
«NKMK» AJ Markaziy loyihalash  
byurosi muhandisi



**Egamberdiev I.P.,**  
NDK va TU  
«Mashinasozlik texnologiyasi»  
kafedrası professori, t.f.d.



**Irnaeva L.S.,**  
«Navoiyazot» AJ muhandis-  
konstruktori

Ushbu maqolada, metallga ishlov berish jarayoni bilan birga keladigan tovush tendensiyasi va ishlov berilgan yuzaning yuza g'adir budurlik tendensiyasi o'rtasida yaqin ishlov berish ko'rsatilgan. Frezalash dastgohlarida kesuvchi asbob dinamik holatining matematik modellashirish natijalari keltirilgan. Hisoblash natijalari asbobning ishlash muddatini tahlil qilish uchun xizmat qiladi. Asboblar yeyilishining tahlili maqolada tasvirlangan kesish jarayonini boshqarish uchun samarali texnologiyani amalda qo'llash imkonini beradi.

**Tayanch iboralar:** ishlov berish tizimi, frezalash dastgohi, asbob yeyilishi, tebranish, taxminiy (kutilayotgan) model.

В данной статье показано тесное взаимодействие между тенденцией объёма, которая сопровождает процесс обработки металла, и тенденцией поверхностного натяжения обрабатываемой поверхности. Приведены результаты математического моделирования динамики для определения того, изменяется ли модель фрезерного станка при установке режущего инструмента. Результаты расчётов служат основой для решения задачи прогнозирования срока службы инструмента. Анализ износа инструмента позволяет применить на практике эффективную технологию управления процессом резания, описанную в статье.

**Ключевые слова:** система обработки, фрезерный станок, износ инструмента, выбраться, приближительная (ожидаемая) модель.

Jahonda fan, texnika va texnologiyalar sohasida, mashinasozlik va avtomobilsozlik mahsulotlarining sifati va xizmat muddatini oshirishda detallarning geometrik parametrlarini, ularning aniqlik ko'rsatkichlarini ta'minlash alohida ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birga metal yuza qatlamlarining fizik-mexanik xossalari oshirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu borada rivojlangan mamlakatlar, jumladan AQSh, Rossiya, Angliya, Germaniya, Yaponiya va boshqa davlatlarning ilmiy-tadqiqot markazlarida murakkab shakldor yuzali detallarga mexanik ishlov berishda kesuvchi asboblarni ishlash vaqtidagi o'Ichamli yeyilishini va aniqlik ko'rsatkichlarini oshirishni ta'minlaydigan texnologiyalarni ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

RDB frezalash dastgohlarida murakkab shakldor detallarga ishlov berish tajribasi shuni ko'rsatadiki, texnologiyalarni rivojlantirishning hozirgi darajasi bir dastgohda qora, yarim toza va toza ishlov berish jarayonlarining konsentratsiyasi, ya'ni juda ko'p o'tishli ishlov berish bilan tavsiflanadi. Ushbu turdagi ishlov berish avtomobilsozlik, dastgohsozlik, asbobsozlik va boshqa sohalarida qo'llaniladi. Shunday qilib, yuzalarni frezalash bilan ishlov beradigan tekis yuzali detallarni ishlab chiqarishda, dastgohsozlikda ishlov berish, umumiy ishlab chiqarishning mehnat ulushini 40% gacha tashkil etadi [1,2].

Yuqori tezlikda frezalash – bu metall, plastmassa, yog'och, tosh yoki boshqa materiallardan tayyorlangan, tayyorlanayotgan detalning yuza qismlarini frezalash asbobi bilan ishlov berish turi bo'lib, unda asbobning (frezaning) aylanish harakati sodir bo'ladi va asbob yuqori tezlikda aylanma harakatlanadi, frezaning aylanish o'qiga perpendikulyar yo'nalishda ishlov beriladigan xomashyoga nisbatan xarakter tezligi. Asbobning asosiy (aylanma) harakati odatda ish joyida uning ishchi organi sifatida o'rnatiladigan shpindel privodi tomonidan ta'minlanadi. Yuqori tezlikda frezalashning ishlashi va ishlov berilgan sirtning sifati, surish tezligi va kesish tezligiga sezilarli darajada bog'liq. Umuman olganda, kesish tezligi frezaning shakliga va kesish chuqurligiga bog'liq. Silindrsimon freza uchun kesish tezligi freza

tishlarining aylanish o'qidan eng uzoqda joylashgan nuqtalarining aylanma harakat tezligiga teng. Surish tezligi-bu frezaning aylanish o'qining bo'ylama harakatining tezligi va dastgoxning boshqaruv dasturini ishlab chiqishda amalga oshiriladi (1-rasm). Qoida tariqasida, asbobning harakati manipulyatsiya mexanizmining barcha bo'g'inlarining birgalikdagi muvofiqlashtirilgan harakatlari natijasida yaratiladi. Murakkab sirt shakli bo'lgan qismlarni frezalashda frezalashtiruvchi murakkab fazoviy traektoriyalar bo'ylab harakatlarni amalga oshiradi. Shuning uchun vektori harakat traektoriyasiga tangensial ravishda harakatlarga mos keladigan freza tezligiga kontur tezligi deyiladi. HF-630 frezalash dastgoxlarining frezalash va ularning katta manipulyatsiya qobiliyatlari bilan bog'liq bo'lgan yuqori tezlikda frezalashning afzalliklari murakkab sirt shakli yoki sezilarli o'Ichamlarga ega bo'lgan qismlarni frezalashda aniq ko'rinadi. Ammo dastgoxda bunday qismlarni frezalash uchun u etarli miqdordagi harakat darajasiga ega bo'lishi kerak. Ko'pincha, raqamli frezalash 6 darajali konturini harakat va kompyuter boshqarish tizimi bilan jihozlangan universal tizim yordamida amalga oshiriladi.

**Yuqori tezlik bilan frezalashda kesish kuchlari:**

Bilamizki kesish kuchi  $F_p$  frezalash paytida asbob harakatining xatoligiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi va yuza tozaligi sezilarli darajada pasayadi (1-rasm). Shuni ta'kidlash kerakki, freza ishchi qismining mexanik ishlov berish paytida xomahyo bilan ta'siri, frezaning tishi bilan kesilgan materialning yuzasida g'adir-budir izlarlar qolmaydi, lekin vaqt o'tishi bilan kesuvchi asbob o'tmaslashadi. Shuning uchun frezaning tishlariga ta'sir qiluvchi kuchlar doimo o'zgarib turadi. Olingan kesish kuchi o'rtacha va o'zgaruvchan komponentlarni o'z ichiga oladi [2]. Ushbu kuch vektor kuchi bo'lib, qulaylik uchun odatda uchta proektsiyaga bo'linadi: aylana, o'qli va radial komponentlar. Asbobning aylanish kuchi shpendelning aylanish momenti (Крутящий момент)ni aniqlaydi. Shpindelning o'q kuchi shpendelning podshipniklariga va radial kuch shpindel tayanchlariga tushadi. Masalan, frezalash paytida

aylana kesish kuchining o'rtacha komponentini formula yordamida taxlil qilish mumkin:

$$F_p = k_1 \frac{h^{n_2} S_z^{n_3} z}{D^{n_4} n^{n_5}} B^{n_1}; \quad (1)$$

Bu erda:

$D$  – frezaning diametri;

$z$  – frezaning tishlar soni;

$n$  – Kesuvchi asbobning aylanish chastotasi;

$S_z$  – frezaning bitta tishing surishi;

$k_1$  – asbob materiali va ishlov berilayotgan xomashyoning sifati kesish kuchiga ta'sirini hisobga olishga imkon beruvchi koeffitsient;

$n_1, \dots, n_5$  – daraja ko'rsatkichlari.

$S_z$  surish – bu frezani bitta tish bilan aylantirganda, ishlov beriladigan yuzaga nisbatan frezaning harakati.

Kesuvchi asbob ishlov berilayotgan xomashyo bilan o'zaro ta'sir qiladi deb taxmin qilinadi, shuning uchun  $h \geq 0$  Agar asbobning xomashyo bilan kontakti buzilgan bo'lsa, u holda  $h=0$  qabul qilinadi.

$S_z$  frezaning surish qiymatining har bir burilishiga  $S$  surishini hisobga olgan holda

$$S_z = S/z \quad (2)$$

Shunda

$$S_z = \frac{60 S}{z n};$$

Shunda formula quyidagicha aniqlanadi:

$$F_p = k_F B^{n_1} h^{n_2} S^{n_3}; \quad (3)$$

Bu yerda:

$S$  – asbobning kerakli traektoriya bo'ylab surish tezligi (kontur tezligi);

$k_F$  – asbobning ishchi qismining materiali va diametri, tishlar soni, aylanish tezligi va frezaning yelanish darajasi xususiyatlarini hisobga oladigan koeffitsienti.  $k_F$  koeffitsienti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$k_F = \frac{(60 / z n)^{n_3} z}{D^{n_4} n^{n_5}}; \quad (4)$$

Ma'lumotlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, yukori tezlikda ishlov berish paytida asbob va ishlov beriladigan xomashyoning kuch ta'sirini tavsiflovchi nisbatlari haqida gapirish mumkin [3]. Xususan, alyuminiy qotishma yuza qismini BK-8 materialidan  $z=10$  parametrlari bilan karbidli so'nggi frezalashda aylana kesish kuchini hisoblashda  $D=5\text{mm}$ ;  $n=3000 \text{ ayl./min}$  formulaga muvofiq amalga oshirilishi mumkin:

$$F_p = 2,5 \frac{C_p h^{0,85} S_z^{0,75} z}{D^{0,73} n^{-0,13}} B k_{MP}; \quad (5)$$

Bu erda:

$C_p$  – koeffitsienti 12,5 ga teng;

$k_{MP}$  – qayta ishlangan materialning sifati uchun tuzatish omiliga muvofiq taxmin qilingan;

4 va 5 tenglamalarni kamaytirish natijasida quyidagi formula olinadi;

$$F_p = k_F B h^{n_2} S^{n_3}; \quad (6)$$

bundan tashqari,  $n_2=0,85$ ,  $n_3=0,75$  va  $3.360 \text{Hc}^{0,75}/\text{mm}^{2,6}$  mutanosiblik koeffitsienti ko'rib chiqilayotgan ish uchun bu qiymat muhimdir:

$$k_F = 2,5 \frac{C_p (60 / z n)^{0,75} z}{D^{0,73} n^{-0,13}} k_{MP}; \quad (7)$$

(2) va (4) formulalarni taqqoslashdan kelib chiqadiki, kesish kuchlari va yuqori tezlikda frezalashda kesuvchi asbob ma'lum bir traektoriya bo'ylab harakatlarining aniqligi o'zaro bog'liq.

HФ-630 frezalash dastgohida yukori tezlikda frezalash uchun asboblarni tanlash.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, HФ-630 frezalash dastgohida frezalashda duch keladigan muhim muammolardan biri bu xomashyoning qattiqligi.

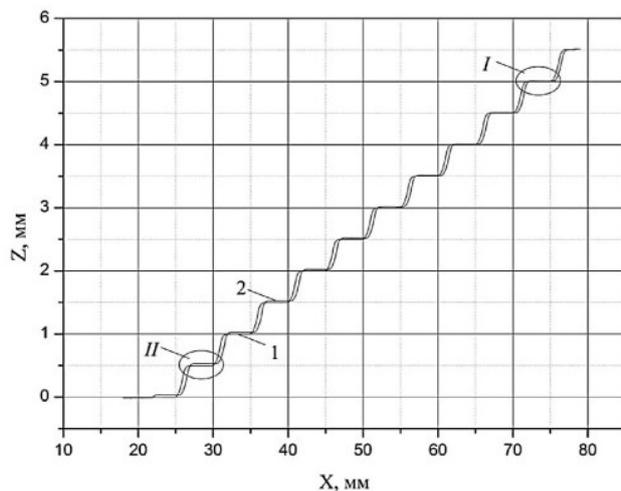
Shuning uchun, yukori tezlikda frezalash uchun asboblarni tanlashda asosiy e'tibor asboblar tizimining va uning tarkibiy qismi sifatida kesish asbobining samaradorligini oshirishga, kompleksining ish sharoitlarini yaxshilaydigan kesish asbobining xarakterli dizayn xususiyatlarini o'rganishga qaratilishi kerak (2-rasm). Tajribalar shuni ko'rsatdiki, asbobning kesish qismining parametrlari va ishlov berish rejimlari tizimning tabiiy tebranishlarining chastotasiga ta'sir qilmaydi, balki tebranishlar amplitudasiga ta'sir qiladi. Asbobning geometriyasini



1-rasm. Yuza g'adr-budurligini o'lchash asbobi



2-rasm. Yuza g'adir-budirligini o'lchash na'munalari



3-rasm. 1 va 2 ishlov berilgan yuzalarni o'lchangan holati



4-rasm. Uch fazali asinxron elektro-motor

o'zgartirish tebranishlarni kamaytirish va asboblarni tizimidagi yuk taqsimotini optimallashtirishning eng oddiy echimidir [3]. 3-rasmda ko'rsatilgandek kesish paytida kuchni taqsimlashning zarur namunasiga erishish uchun asboblarni yuklashning eng yaxshi sharoitlariga ega bo'lgan o'zaro faoliyat zonaga ega bo'lgan ko'p yo'nalisli tishlari bo'lgan kesgichlardan foydalanish taklif etiladi.

Yuza tozaligi va ishlov berish aniqligini oshirishning umumiy vazifalari quyidagilar bilan hal qilinadi:

– asosiy EU ning yuqori tezligi:

⇒  $n = (5-9) \cdot 10^3$  ayl./min tomonidan  $PN = (2-100)$  kVt (Asinxronli elektrodivigateli (AD) havo bilan sovutishi);

⇒  $n = (9-100) \cdot 10^3$  ayl./min tomonidan  $PN = (5-60)$  kVt (yuqori tezlikda frezalash va silliqlash uchun elektro shpindellar);

– avtomobil qismlariga ishlov berish aniqligini oshirish (10 mikrondan 1 mikron gacha oshirish), videomagnitofonlar, diskovodlar, gidravlik podshipniklar qismlarini – 0,1 mikron gacha. Ishlov berish aniqligining oshishi AD yoki SD lar rotoriga o'rnatilgan datchiklar joylashuviga bog'liq;

⇒ valning aylanishida impuls soni:  $N_i = (4-1000) \cdot 10^3$ . Bir vaqtning o'zida oshirish  $N_i$  EP tezligini boshqarishning keng diapazon doirasini ta'minlaydi:

$D\omega = n_{max} / n_{min} = 10^3-10^4$ , uning ruxsat etilgan og'ishlari bilan  $\Delta n\%$ .

– Asboblarni va ishlov berilgan qismlarni avtomatik almashtirish vaqtini (0,8-1,5) ga qisqartirish va o'zgartirish:

⇒ Bunga asosiy EP ni joylashtirishning aniqligi, EP aylanish chastotasining tezligi va aniqligi ortib borishi tufayli erishiladi.

2-3 smenali ish sharoitida ishonchlilikni oshirish, nosozliklarni tuzatish uchun zarur bo'lgan vaqtni qisqartirish:

⇒ Bunga yuqori sifatli nazorat xususiyatlariga ega moment va aylanish tezligining past pulsatsiyasiga ega bo'lgan kollektor DC motorlarini (DPT) tranzistorli elektron konvertorlar bilan ishlaydigan cho'tkasiz AD va SD bilan almashtirish orqali erishiladi. Vektorli

mikroprosessor boshqaruviga ega zamonaviy AC quvvat manbalari CD epizodlariga teng dinamik va sozlash xususiyatlarini ta'minlaydi. Shu bilan birga, ishonchlilikning oshishi, xizmat muddati, holat diagnostikasi va boshqalar yordamida erishiladi.

Stanoksozlik uchun EU umumiy texnik talablari, jumladan:

– transformatorlarni yo'q qilish va konvertorlarda quvvat modullarini va dvigatellarning yuqori o'ziga xos xususiyatlarini ishlatish orqali minimal og'irlik va o'lcham ko'rsatkichlarini ta'minlash 4000-8000 ob/min aylanish tezligining yuqori chegarasi bo'lgan yuqori tezlikli motorlar (4-rasm) va yuqori aniqlikdagi elektromexanizmlarning zamonaviy seriyasini yaratish, bu yuqori kesish tezligini va mineral keramika asbobidan foydalanganda unumdorlik va aniqlikni keskin oshirishni ta'minlaydi [5].

Tashqi muhitdan yuqori darajadagi himoya KPO va boshqa talablar uchun operatsion guruhning ko'payishi. Asinxron motorlar yordamida 30-60 kVt gacha quvvatga ega yuqori tezlikda silliqlash va frezalash uchun to'liq ADlar qatorini yaratish bo'limi mavjud. Mashina mexanizmlarini, KPO va sanoat robotlari uchun zamonaviy asinxron elektrodivigatellar seriyasini to'liq yaratish bo'yicha vazifalar mavjud. Vazifalar yaratish uchun talablarni quyidagicha belgilaydi:

– zamonaviy tranzistorli konvertorlarning seriyali ishonchliliigi va nosozliklarni bartaraf etish vaqti talablari ortib borayotgan texnologiya (BIS, GIS, diagnostika) shartlari uchun talab qilinadi.

– transformatorlarni yo'q qilish, quvvat modullaridan foydalanish, konvertorlarning ko'p o'qli versiyalarini va konvertorlarning korpusiz versiyalarini va motorlarning korpusiz versiyalarini, shu jumladan o'rnatilgan to'liq uzatmalarini ishlab chiqish orqali minimal og'irlik va o'lcham ko'rsatkichlarini ta'minlash;

– dastgohlar va sanoat robotlari uchun kontaktsiz tezlik sensorlari bilan jihozlangan, ishchi organlarning tez harakatlanish tezligini 12 000-20 000 mm/min gacha oshirish imkonini beruvchi zamonaviy tezyurar motorlar seriyasi;

– zamonaviy ishlash talablarini ta'minlaydigan ferrit va noyob magnitlari bilan vana sinxron motorlari seriyasi - (10, 20, 25) gpm, GPS, sanoat robotlari va KPO uchun daqiqadasiga 03, 600-800 teskari va maksimal aylanish tezligi (2000-6000 rpm).

Elektromexanik avtomatlashtirish birliklari va yordamchi harakatlarni yaratish bilan bog'liq holda, vazifada joylashishni aniqlash bilan to'liq raqamli-analog elektr dvigatellarni yaratish, joylashishni aniqlash koordinatalarining ketma-ket o'plami, tezlikni, tezanishni o'rnatish bo'yicha ishlar mavjud.

Ko'p o'qli boshqariladigan tranzistorli EU uchun mexanizm talablari.

Quvvat modullaridan foydalanadigan tranzistorli konvertorlar, diagnostika va ko'rsatkich tizimiga ega ko'p o'qli. Momentlar  $MN = (0,02-70)$  Nm, o'qlar soni 6 tagacha, boshqaruv diapazoni kamida 1:10000, tarmoqli kengligi 100 Gs dan past emas. Kontaktsiz tezlik va joylashuv sensorlari, teskari tormoz va haroratni himoya qilish bilan jihozlangan korpusiz motorlar, shu jumladan to'liq reduktorini (23 Nm gacha), uzun momentni (0,035-170 nm) joylashtirish imkoniyatiga ega maxsus himoya darajasi IP54 dan kam emas, yuqori va yuqori aniqlikdagi dizayn,

guruh M8 jarayoni (KPO M9 uchun), umumiy xizmat muddati kamida 15 yil, cho'lg'amlar xizmat muddati, kamida 30 000 soat, maksimal aylanish tezligi 2000-6000 ayl./min:

1-jadval

Dastgoh qurilishi va robototexnika uchun sozlanishi elektr dvigatellar

Dvigatelning aylanish tezligi	Dvigatelning yuqori bo'lmagan notekis aylanish koeffitsienti,	
	P elektr dvigatelning bajarilishi	D elektr dvigatel harakatining bajarilishi
$n_{max}$	0,05	0,1
$0,1 \cdot n_{max}$	0,1	0,1
$0,01 \cdot n_{max}$	0,2	0,2
$0,001 \cdot n_{max}$	0,25	0,25
$0,0001 \cdot n_{max}$	0,35	

– qisqartirilgan versiyaning normal tezligi bilan, nazariy tezlashtirish (8-10) moment oralig'ida  $10^3 \text{ s}^{-2}$  (1,7-47) Nm;  
 – nazariy tezlashuv bilan ishlashning oshishi (15-20)  $10^3 \text{ s}^{-2}$  moment oralig'ida (0,035-47) Nm;  
 – ultra yuqori ishlash bilan nazariy tezlashtirish (30-35)  $10^3 \text{ s}^{-2}$  moment oralig'ida (0,7-21) Nm. Ruqsat etilgan son kamida 600minda.

GOST 27803 "ga muvofiq tezlik xatolarining mutloq qiymatlari" dastgoh qurilishi va robototexnika uchun sozlanishi elektr dvigatellar. Umumiy texnik xususiyatlar" [1, 2].

1-jadvalda versiyalar mos keladi: P - EU, asosiy harakatning D - EU. Statik rejimlarda aylanish tezligining notekisligi (xatosi) ning belgilangan koefitsientlari yig'indidan iborat:

$$\Delta n_{\Sigma} = / \Delta n_N / + / \Delta n_V / + / \Delta n_T / , \quad (8)$$

Bu yerda:

$\Delta n_N$  – yuk momentini o'zgartirganda maksimal statik xato (0,1-1) MN;

$\Delta n_V$  – tarmoq kuchlanishini o'zgartirishda xato (0,9-1,1)UN;

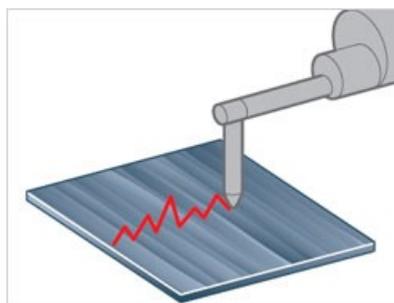
$\Delta n_T$  – haroratni o'zgartirganda xato (20-45).

Xorijiy va mahalliy korxonalarining shpindelli dvigatellarining konstruksiyasi va xususiyatlari. Asosiy elektro dvigatellarining ishlashi va RDB dastgohlarida EU elektro dvigatellarga yuklanish xususiyatlari.

Boshqarish diapazonining o'ziga xos qiymatlari mashinaning turi va o'lchamlariga, asboblari va ish qismlarining materialiga va boshqalarga bog'liq. O'rta o'lchamdagi universal mashinalar uchun  $D_F = \text{const}$  qiymati 10-50 yoki undan ortiq [4] (silliqlash, parmalash va tokarlik dastgohlari) oralig'ida yotadi [7].

Doimiy quvvat bilan shpindel tezligini o'zgartirish diapazonini kengaytirishning texnik amalga oshirilishi odatda elektromexanik tartibga solish orqali amalga oshiriladi. Odatda RDB dastgohlarida tezlikni boshqarish qutisining mexanik qadamlari soni 2-4 oralig'ida yotadi, lekin ular uni texnik jihatdan mumkin bo'lgan minimal darajaga tushirishga moyildirlar, bu bo'shliqlarni, tebranish tebranishlarini va hokazolarni kamaytirish orqali ishlov berish aniqligini oshiradi [6].

Shunday qilib, tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, vibrotebranishlari yo'qligi sababli, bikir supportiga ega bo'lgan tizimning vibratsiya faolligi deyarli



5-rasm. Yuza g'adr-budirligi

uning tayanch xususiyatlari bilan aniqlangan. Nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari asosida kesuvchi asbobni tashxislashni real vaqt maromida qo'llash, kesuvchi asbobning ishdan chiqishi va yeyilishi, kesish unumdorligini 5-7% gacha oshirish va kesuvchi asbob narxining 8,0-8,2% gacha kamaytirish imkonini beradi.

Dinamikani matematik modellashtirish natijalari asosida, frezalash dastgohi asboblarning chidamliligini tezkor prognozlash muammosini hal qilish uchun asos bo'lib xizmat qiladi (6-rasm). Ushbu muammoni hal qilish tarixda materiallarni qayta ishlatishda birinchi marta kesish jarayonini samarali boshqarish texnologiyasini amalda qo'llash imkonini beradi. Ushbu texnologiyani amalga oshirish uchun asboblarning umrini prognoz qilish to'g'ridan-to'g'ri materiallarni kesish usuli bilan qayta ishlash jarayonida real vaqtda amalga oshirilishi kerak. Bunday holda, prognozlash usuli bashorat qiluvchi modelga asoslangan bo'lishi kerak, bu vaqt funksiyasi bo'lishi va raqamli qiymat sifatida  $T$  kesish asbobining kerakli chidamliligini o'z ichiga olishi kerak bo'lgan minimal parametrlarga ega bo'lishi kerak. Kesuvchi asbob holatining ishonchligini hisobga olgan holda kuchlarni tashxis qilish xususiyatlarini avtomatik tanlash va ularning chegara qiymatlarini hisoblash uchun ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot to'plami, yuqori tezlikda yuzalarga ishlov berish uchun ishlov berish namuna detalari uchun kiritildi.

### Bibliografik ro'yxat:

1. Egamberdiev I.P. Spectral analysis of the oscillatory process of support assemblies on drilling machines // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – National Institute of Science Communication and Information Resources. – India, 2018. Vol. 5. Issue. 5, pp. 5958-5962.
2. Egamberdiev I.P. Spectral analysis of the oscillatory process of support assemblies on drilling machines // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – National Institute of Science Communication and Information Resources– India, 2018. Vol. 5. Issue. 5. pp. 5958-5962.
3. Арляпов А.Ю., Галин Н.Е., Ким А.Б., Сбоев В.Н. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент». – Томск, 2012. – 35 с.
4. Гречишников В.А. Математическое моделирование в инструментальной технике. – М.: Машиностроение, 1997. – 228 с.
5. Безьязычный В.Ф. Расчёт режимов резания: Учебно-методическое пособие. – Москва: Машиностроение, 2010. – 270 с.
6. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. – Москва: Техносфера, 2004. – 384 с.
7. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: Учеб. для техн. вузов. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.

## ELEKTR QURILMALARINING UMUMIY TAVSIFLARI VA ULARNING ISHONCHLILIGIGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR TAHLILI



**Yusupov Z.E.,**  
Karabuk universiteti (Turkiya)  
«Elektr elektronika» kafedrası professori



**Narzullayev B.Sh.,**  
NDK va TU «Elektr energetikasi»  
kafedrası dotsent, PhD

Bugungi kunda Respublikamizda elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyasining eng katta ulushi sanoat korxonalariga to'g'ri keladi. Ushbu maqolada, sanoat korxonalaridagi elektr qurilmalarning texnologik jarayoni bo'yicha tavsiflanishi keltirilgan hamda ularning elektr energiya iste'moli taxlil qilingan, taxlil natijalariga ko'ra konchilik va qishloq xo'jaligining asosiy elektr energiya iste'molchilari mashina va mexanizm yuritmalarini harakatga keltiruvchi motorlar ekanligi asoslab berilgan.

Shuningdek, mazkur maqolada elektr motorlarning ishonchligiga ta'sir qiluvchi omillar aniqlanib ularning kelib chiqish sabablari o'rganilib taxlil qilindi. Taxlil natijalaridan kelib chiqqan holda ishonchlikka ta'sir qiluvchi omillarni vaqtida aniqlash maqsadida tavsiyalar, uslub va uslubiyatlar ishlab chiqish kerakligi maqsad qilib olingan.

**Tayanch iboralar:** elektr motor, o'ta yuklama, ishonchlik, texnologik jarayon, mexanik va elektr ko'rsatkich, sirpanish, tuz, generator, tok, texnologik qurilma, stator, rotor, chulg'am, quvvat isrofi, iste'molchi, yurgizish momenti, izolyatsiya, avariya, modellashtirish, faza uzilishi, koeffitsiyent.

Сегодня наибольшая доля электроэнергии, вырабатываемая электростанциями нашей республики, принадлежит промышленным предприятиям. В данной статье дано описание электрооборудований промышленных предприятий по технологическому процессу и сделан анализ их энергопотребления, по результатам анализа основными потребителями электроэнергии в горнодобывающей промышленности и сельском хозяйстве являются двигатели, приводящие в движение приведенные машины и механизмы.

Также в данной статье определены факторы, влияющие на надежность электродвигателей, изучены и проанализированы причины их возникновения. По результатам анализа планируется разработать рекомендации, методы и методики для своевременного определения факторов, влияющих на надежность.

**Ключевые слова:** электродвигатель, перегрузка, надежность, технологический процесс, механический и электрический показатель, скольжение, соль, генератор, ток, технологическое устройство, статор, ротор, катушка, рассеиваемая мощность, потребитель, крутящий момент, изоляция, пробой, моделирование, обрыв фазы, коэффициент.

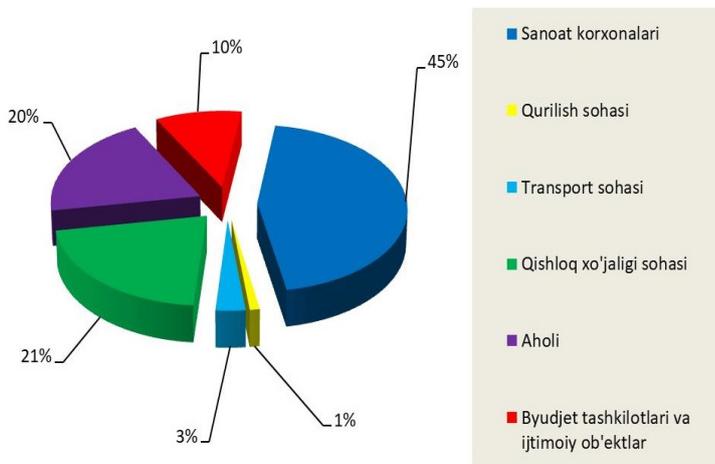
Bugungi kunda, Respublikamizda elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyaning 45% iste'moli ishlab chiqarish korxonalariga, 21% iste'moli qishloq xo'jaligi sohasiga, 20% idan ortiqroq iste'moli aholiga, 10% iste'moli byudjet tashkilotlari va ijtimoiy ob'ektlarga, 3% iste'moli transport sohasiga hamda 1% iste'moli qurilish sohasiga to'g'ri keladi (1-rasm).

1-rasmdan ko'rishimiz mumkinki, Respublikamizdagi elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyasining katta ulushi, sanoat korxonalariga to'g'ri keladi, bunda korxonalaridagi asosiy elektr energiya iste'molchilarini elektr qurilmalar tashkil qiladi [1, 2]. Sanoat korxonalaridagi elektr qurilmalar, ularning texnologik qo'llanilishi bo'yicha ya'ni, qurilmalarning ish rejimi, iste'mol qiladigan tokning turi, o'rnatilgan nominal quvvati va nominal rejim bo'yicha tavsiflanadi (2-rasm).

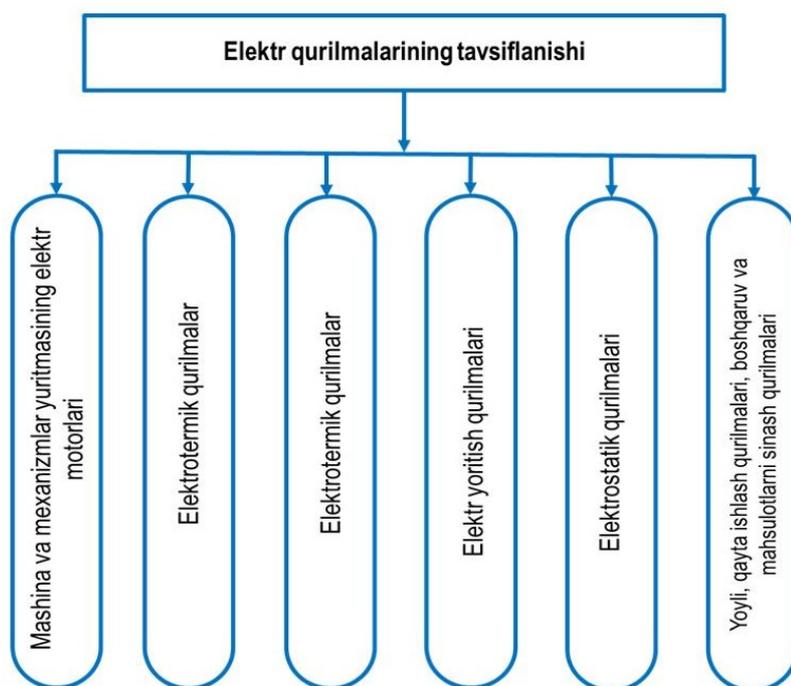
Sanoat korxonalarining umumiy elektr energiya iste'moli ularning texnologik qo'llanilishiga qarab taqsimlanadi. Mazkur tadqiqot ishida, «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJga qarashli bir nechta ishlab chiqarish zavodlarining, elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyasining iste'moli keltirilgan.

Bugungi kunda, «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJning asosiy elektr energiya iste'molchilariga 8 ta gidro-

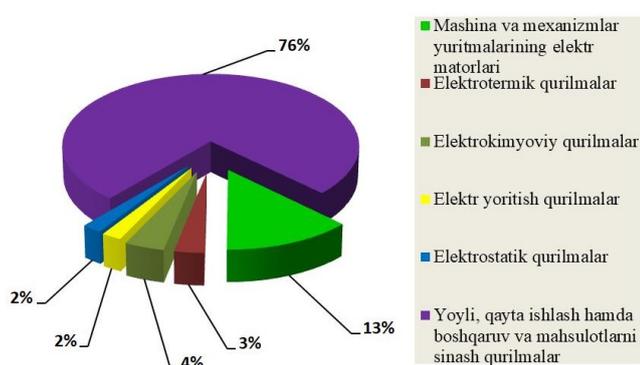
metallurgiya va Navoiy mashinasozlik zavodi, bir nechta ochiq va yopiq konlar hamda bir qator turli xizmat ko'rsatadigan ob'ektlari kiradi. Navoiy mashinasozlik zavodining asosiy faoliyati, yuqorida aytib o'tilgan



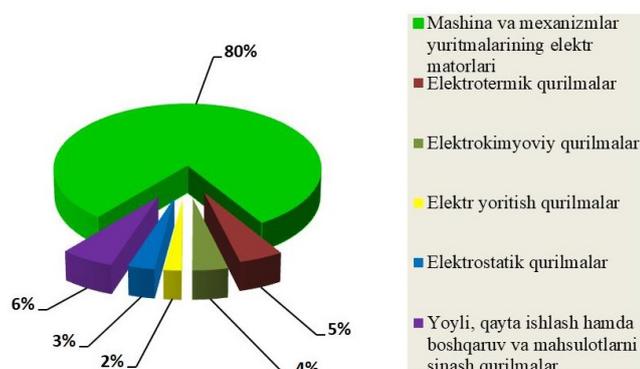
1-rasm. O'zbekistonda elektr energiyani iste'molchilar o'rtasida taqsimlanishi



2-rasm. Sanoat korxonalaridagi elektr qurilmalarining texnologik qo'llanilishi bo'yicha tavsiflanishi



3-rasm. Navoiy mashinasozlik zavodidagi energetik qurilmalar o'rtasida elektr energiyaning ulushlarda taqsimlanishi



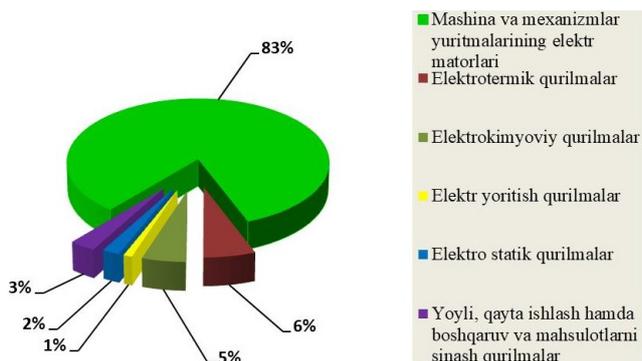
4-rasm. 1-sonli gidrometallurgiya zavodidagi energetik qurilmalar o'rtasida elektr energiyaning ulushlarda taqsimlanishi

gidrometallurgiya zavodlariga hamda boshqa ishlab chiqarish korxonalarining energetik va texnologik qurilmalariga metallarni eritib qayta ishlash orqali ularning standart va nostandart ko'rinishdagi extiyot qismlarini tayyorlab etkazib berish uchun xizmat qiladi. Shuningdek, Navoiy mashinasozlik zavodining 2023-yil hisobida umumiy elektr energiya iste'moli 1-ilovada keltirilgan ko'rsatkichlar bo'yicha taxlil qilinganda, zavodning eng katta elektr energiya iste'moli yoyli, qayta ishlash hamda boshqaruv va mahsulotlarni sinash qurilmalariga to'g'ri keladi (3-rasm). «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJning, faqatgina Shu zavodida, umumiy elektr energiyasining 76% katta ulushini yuqori kuchlanishli elektr yoy pechlari iste'mol qiladi [3-5].

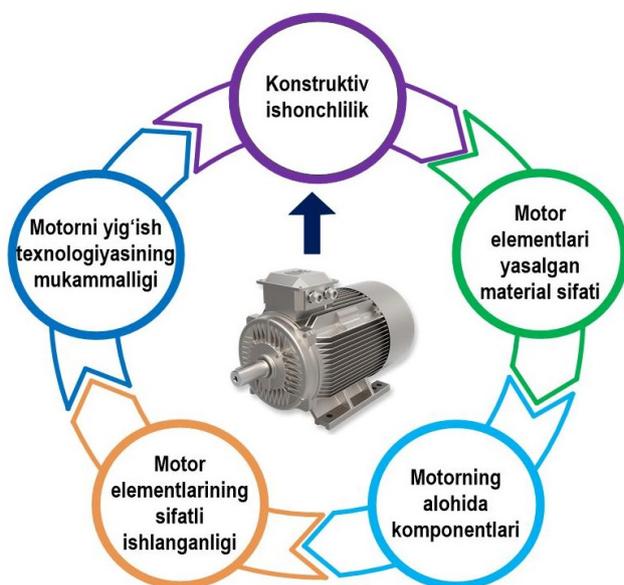
«Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJga qarashli 1-8-sonli gidrometallurgiya zavodlarida, bugungi kunda rudalarni qazib olish va ularni qayta ishlash natijasida turli rangli metall va oltinlar ishlab chiqariladi. Zavoddagi ish jarayonining asosiy tashkil etuvchilari bu – katta quvvatli mashina va mexanizmlarni yuritmalarini xarakatga keltiruvchi elektr motorlar hisoblanadi. Shu sababli, zavodlarning asosiy elektr energiya iste'molchilari, uning elektr motorlari bo'ladi. Quyida, 1 va 2-sonli gidrometallurgiya zavodlarining energetik hamda texnologik qurilmalari o'rtasida 2023 yil hisobi bo'yicha, elektr energiyasining taqsimlanishi ulushlarda ifodalanishi ko'rsatilgan (4, 5-rasmlar). Bunda, zavodning umumiy elektr energiya iste'molining asosiy qismini mashina va mexanizmlarning yuritmalarini xarakatga keltiruvchi motorlar tashkil qiladi. Xuddi Shunday boshqa 3-8 sonli gidrometallurgiya zavodlarida ham elektr energiya iste'molining asosiy qismi elektr motorlariga to'g'ri keladi [6].

Demak, 1-sonli gidrometallurgiya zavodining umumiy elektr energiya iste'molining 80% mashina va mexanizmlar yuritmalaring elektr motorlariga to'g'ri keladi. 2-sonli gidrometallurgiya zavodining ham umumiy elektr energiyasining 83% ini mashina va mexanizmlar yuritmalaring elektr motorlari iste'mol qilar ekan.

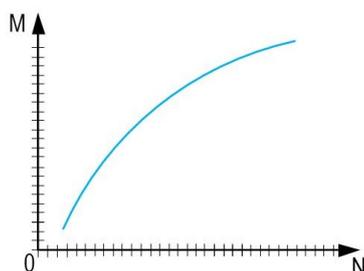
Yuqoridagi, tadqiqot natijalaridan kelib chiqqan holda Shuni xulosa qilib aytish mumkinki, Respublikamizda ham jahonning rivojlangan mamlakatlarida ham elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiya iste'molining 70% dan ortig'i elektr motorlariga to'g'ri



5-rasm. 2–sonli gidrometallurgiya zavodidagi energetik qurilmalar o'rtasida elektr energiyaning ulushlarda taqsimlanishi



6-rasm. Elektr motorlarning konstruktiv ishonchligiga ta'sir ko'rsatadigan omillar



7-rasm. Elektr motorlarning ish soatlari sonini (N), uning ishonchligiga bog'liqligi (M)

keladi [8]. Shuningdek, elektr motorlari bugungi kunda, sanoat korxonalarining asosiy o'zagi hisoblanadi. Shu sababli, iqtisodiyotning real sektori hisoblangan sanoat korxonalarining ish unumdorligini oshirish, ulardagi texnologik jarayonlarning uziksizligini ta'minlash, texnologik siklning buzilishini oldini olish, elektr energiyani va resurslarni tejash, Shu bilan bir qatorda korxonaning innovatsion jozibadorligini



8-rasm. Stator chulg'am izolyatsiyasining shkastlangan qismlarning ko'rinishi

oshirish maqsadida, elektr motorlarning ishlash jarayonida ularning to'xtab qolishiga sababchi bo'lgan avariylarni oldindan aniqlab bartaraf etish bugungi kunda tadqiqotchilarimiz oldidagi ulkan vazifalardan biri hisoblanadi [7, 8].

Biz tadqiqotchilar yuqorida aytib o'tilgan vazifalarni yuqori natijalarda bajarish uchun, Respublikamizdagi konchilik va qishloq xo'jalik sanoatining ishlab chiqarish unumdorligini hamda samaradorligini oshirish maqsadida, katta quvvatli mashina va mexanizmlarning yuritmalarini harakatga keltiradigan elektr motorlariga sifatlilik elektrotexnik xizmat ko'rsatishni tashkil etish zarur bo'ladi. Chunki, bugungi kunda sanoat korxonalaridagi elektr texnologik qurilmalarning eskirishi texnik qayta jihozlash tezligidan sezilarli darajada oldinda. Bunga sabab, elektr motorlarning ishlash bosqichida vaqt o'tishi bilan ish vaqti va atrof-muhitning salbiy ta'siri tufayli detallar emiriladi, elektr motor qismlarining tabiiy eskirish parametrlari, tarmoqdagi tok va kuchlanishlar o'zgaradi, Shu sababli elektr motorlarning ish jarayonlarida ularning elektr va mexanik ko'rsatkichlari bilan bog'liq bir qator nosozliklar vujudga keladi. Elektr motorlarning ishlamay qolishi texnologik jarayonlarning buzilishiga, mahsulot ishlab chiqarish vaqtlarining kamayishiga, rejadan tashqari ta'mirlash va texnologik muammolar bilan bog'liq xarajatlarni oshirishga olib keladi. Elektr motorlarning turli avariylar tufayli ishlamay qolishi oqibatida, kelib chiqadigan salbiy oqibatlarni oldini olish maqsadida, korxonalaridagi elektr motorlarning texnologik talab rejimlari bo'yicha muntazam ravishda ishlashi uchun ularning ekspluatatsiyasi va ta'mirini to'g'ri tashkil qilish, eskirgan elektr jihozlarni ta'mirlab yangilariga almashtirish, xodimlarni muntazam ravishda malakasini oshirish va bilimlarini tekshirib turish zarur bo'ladi. Elektr motorlarning uzluksiz va ishonchli ishlab turishi bugungi kunda, konchilik va qishloq xo'jalik sanoatida ishlab chiqarish unumdorligini oshiradi. Shu sababli, elektr motorlarning ishonchligiga ta'sir ko'rsatuvchi omillarni aniqlab, tahlil qilish, natijada ularni bartaraf etish usullarini hamda elektr motorlarning ish jarayonlari bilan bog'liq bo'lgan muammolarni hal qilish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi [9].

Har qanday elektr qurilmaning ishonchligi deganda uning ma'lum vaqt davomida o'z funksiyalarini ta'mirlashsiz to'liq bajarish qobiliyati tushiniladi. Shuningdek, elektr motorlarning ishonchligi quyidagi guruxlarga bo'linadi:

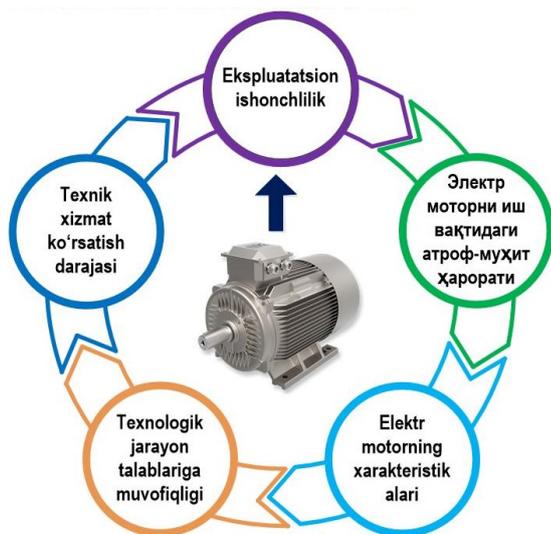
- konstruktiv ishonchlik;
- ekspluatatsion ishonchlik.

Konstruktiv ishonchlik – bu elektr motorlaridan foydalanish, ularga texnik xizmat ko'rsatish, ta'mirlash, materialni saqlash va talab qilinadigan ish rejimlarni texnik shartlarga mos keladigan chegaralar ichida, belgilangan ekspluatatsion ko'rsatkichlarning qiymatlarini o'z vaqtida saqlash, vazifalarni belgilangan vaqtlarda bajarish xususiyatidir.

Ekspluatatsion ishonchlik – bu elektr motorlarning vaqt o'tishi bilan, belgilangan chegaralarda, ma'lum ish sharoitlarida kerakli funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflovchi barcha parametrlarning qiymatlarini saqlab turish xususiyatidir. Elektr motorlarning konstruktiv va ekspluatatsion ishonchliklarining o'zgarishi (kamayishi yoki oshishi), bir



9-rasm. Elektr motor rotorining podshipniklarining shkastlangan qismining ko'rinishi



10-rasm. Elektr motorlarning ekspluatatsion ishonchligiga ta'sir ko'rsatadigan omillar

necha omillarga bog'liq (6 va 7-rasmlar).

Elektr motorlarning konstruktiv ishonchligining o'zgarishiga ta'sir qiluvchi omillarning tarkibiy qismlarini ko'rib (6-rasm), Shuni xulosa qilish joizki, konstruktiv ishonchlik, elektr motor elementlarining tayyorlanadigan materialidan tortib, tayyor motor holatiga kelguncha bo'ladigan jarayon bilan bog'liq holati tushinilar ekan. Demak, elektr motorlarning konstruktiv ishonchligini oshirish, bu – ularni ishlab chiqaradigan zavod bilan bog'liq bo'ladigan holat hisoblanadi.

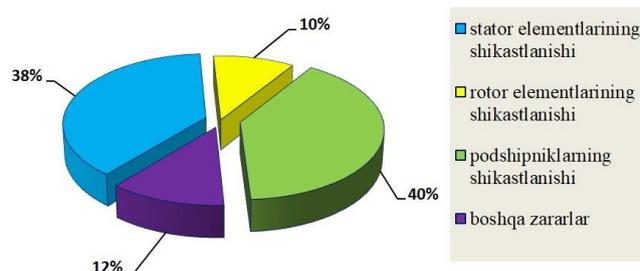
Elektr motorlarning ekspluatatsion ishonchligining eng muhim ko'rsatkichlaridan biri, motorning birinchi nosozlikka qadar, ish soatlari sonidir, elektr motorning ish soatlari soni (N), uning ishonchligi (M) ga to'g'ri proporsionaldir (7-rasm).

Demak, elektr motorlarning ekspluatatsion ishonchligining oshishi uning ishlagan vaqtlar soniga bog'liq, ya'ni ish vaqtlar soni (N), qanchalik ko'proq bo'lsa, demak uning ishonchligi (M), Shuncha yuqori darajada bo'ladi [10, 11].

Elektr motorlarning ish soatlari sonini oshirish uchun uning ekspluatatsion ishonchligiga ta'sir qiluvchi omillarni aniqlab bartaraf etish lozim.

Ekspluatatsion ishonchlikning o'zgarishiga bog'liq bo'lgan birinchi omil bu – elektr motor texnologik jarayonga mos holda tanlanganligi, keyingi omil, elektr motor o'rnatiladigan joyda, atrof-muhit harorati, uchinchi omil elektr motorning xarakteristikalarini hisoblanib, ya'ni bunda motorning xarakteristikalarini o'zgarishiga ta'sir qiluvchi omillar tushinilib, bular o'z navbatida quyidagicha turlarga bo'linadi:

- stator elementlarining shikastlanishi;
- rotor elementlarining shikastlanishi;
- podshipniklarining shikastlanishi;
- boshqa zararlilar.



11-rasm. Elektr motorlarning shikastlanish ko'rsatkichlarining ulushlarda taqsimlanishi

**Stator va rotor elementlarining shikastlanishi.** Elektr motorlarning eng nozik elementi, uning chulg'amlarini qoplovchi izolyasiya materiali hisoblanadi. Bizga ma'lumki, stator va rotor chulg'am izolyasiyasi maxsus lakdan tayorlanganligi sababli qizish harorati keskin oshib ketish oqibatida lak erib chulg'am simlarining bir-biriga yopishishi natijada stator va rotor chulg'am izolyasiyasi tezda ishdan chiqadi hamda motorning xizmat davri keskin kamayadi (8-rasm). Agar elektr motorlarning ishchi holatdagi harorati normal xarorat rejimidan oshib ketsa, nafaqat motorning xizmat davri keskin kamayadi balki, bu ortiqcha elektr energiya sarf bo'layotganidan ham dalolat beradi. Elektr motorlarning stator va rotor chulg'am izolyasiyalarining eskirishi, emerilishi hamda ularning teshilib qolishiga bir faza kuchlanishlarining uzilib qolishlari, elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlarining buzilishi sabab bo'ladi. Bunday omillar ham elektr motorning ekspluatatsion ishonchligiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar hisoblanadi.

**Podshipniklarning shikastlanishi va boshqa zararlilar.** Elektr motorga yangi qo'yilgan podshipniklar vaqt o'tgan sayin, shariklari bir-biri bilan ishqalanish oqibatida eylanadi, natijada stator bilan rotor o'rtasidagi masofa o'zgaradi, bu esa ular o'rtasidagi magnit maydonning hosil bo'lishiga sa'lbiiy ta'sir qiladi. Bundan tashqari podshipniklar to'kilib valning sinishi natijasida, motor nosoz holatga kelib qoladi, bu holat elektr motorning ekspluatatsion ishonchligining pasayishiga olib keladi (9-rasm). To'rtinchi omil elektr motorlariga texnik xizmat ko'rsatish, bunda motorlarga texnik xizmat ko'rsatish sifatsiz amalga oshirilsa yoki vaqtda bajarilmasa bu holat motorlarning ekspluatatsion ishonchligining pasayishiga olib keladi.

Elektr motorlarning ekspluatatsion ishonchligini oshirish uchun ularning texnik holatini muntazam ravishda diagnostika qilinib, profilaktik texnik qamrov va ta'mirlash tadbirlarini o'tkazib turish lozim. Texnik qamrov va ta'mirlash ishlariga ketgan xarajatlar yangi elektr uskuna narxidan 10÷100 marta kam bo'lib, o'z xarajatlarini qisqa vaqtda qoplaydi [12]. Ekspluatatsion ishonchlikka ta'sir qiluvchi omillar bir-biri bilan uzviy bog'langan (10-rasm).

Yuqorida aytib o'tilgan, ekspluatatsion ishonchlikka ta'sir ko'rsatuvchi omillar, ko'p hollarda elektr motorlarining ishga yaroqsiz ya'ni ularni tuzatib bo'lmaydigan holatlarga olib keladi. Ushbu omillar tufayli, elektr motorlarning nosoz holatga kelishining yillik ko'rsatkichi 25% ni tashkil qiladi. Elektr motorlarning nosoz holatga kelishining yillik ko'rsatkichi, motor elementlarining shikastlanishi bo'yicha quyidagicha ulushlarda taqsimlangan (11-rasm).

Elektr motorlarning ekspluatatsion ishonchligining o'zgarishiga ta'sir qiluvchi omillarning tarkibiy qismlarini (7-rasm) ko'rib, Shuni xulosa qilishimiz mumkinki, elektr motor sanoat-korxonasiga olib kelinib o'rnatilgandan boshlab to ma'lum bir vaqtdan so'ng turli avariya tufayli yaroqsiz holatga kelguncha bo'ladigan jarayon tushiniladi. Shu sababli, mazkur tadqiqot ishimizda, elektr motorlarning ekspluatatsion ishonchligining o'zgarishiga ta'sir ko'rsatadigan omillar o'rganilib taxlil qilindi, taxlil natijalariga ko'ra ekspluatatsion ishonchlikni oshirishdagi masalalar va muammolar ko'rib chiqilib, ularni xal qilish uslub va uslubiyatlarini ishlab chiqish maqsad qilib belgilangan.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Ibrohimov U. *Elektr mashinalari // Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. 2-qayta nashr.* – Toshkent: "O'qituvchi", 1988. – 372 bet.
2. Веников В.А. *Переходные электромеханические процессы в энергетических системах.* – М.: Высшая школа, 1978. – 415 с.
3. Галушко В.Н. *Электрические машины. учеб. метод. пособие для самостоятельной проработки курса. М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.* – Гомель: БелГУТ, 2015. – 117 с.
4. Бабурин С.В., Жуковский В.Л., Коржев А.А., Кривенко А.В. *Современные методы неразрушающего контроля и диагностики технического состояния электроприводов горных машин // Горное оборудование и электромеханика.* №9. – М.: "Новые технологии", 2009. – С. 34-38.
5. Turdibekov K.X., Sulliev A.X., Iskandarova O.S., Boboqulov J.S. *Experimental and statistical methods for studying the modes of electric power systems under conditions of uncertainty // "E3S Web of Conferences".* № 1. – Vol. 452, EDP Sciences, 2023, pp.1-6.
6. Narzullayev B.Sh. *Asinxron motorlarning energo-mexanik ko'rsatkichlarini monitoring asosida texnik holatini diagnostika qilishi // Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi.* – Toshkent.: 2022. 52-61 betlar.
7. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.Sh., Murodov H.Sh. *Models and methods of optimization of electricity consumption control in industrial enterprises // Физический журнал.* № 1. Том. 1679. 2020. – Красноярск, Россия: "Прикладная физика". – С. 1-6. doi:10.1088/1742-6596/1679/2/022074.
8. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.Sh. *Diagnostics of the Technical Condition of Energy Devices based on the Monitoring of Phase Voltages and Currents // Journal of Pharmaceutical Negative Results.* – 2022. pp. 2455-2460. doi:10.47750/2022.13.S08.306
9. Narzullayev B.Sh., Tuykulov M.I. *Analayzing of energy efficiency by installing solar panels on residential buildings and state institutions // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences.* No. 9. – T.: "Oriental Renaissance", 2023, pp. 54-60.
10. Qarshibayev A.I., Narzullayev B.Sh. *Tog'-kon sanoati korxonalarida energiya iste'molini boshqarish va operativ rejalashtirish darajasini oshirish // Konmetallurgiya majmuasini innovatsion rivojlantirish istiqbollari mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari.* – Navoiy, 22-23 noyabr 2018. 439-440 betlar.
11. Boboqulov J.S., Narzullayev B.Sh., Mingboyev U.T. *Sinxron generator stator cho'lg'amida xosil bo'layotgan kuchlanishni hisoblash dasturi // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi guvohnomasi. DGU 23696.* – Toshkent, 2023.
12. Qarshibayev A.I., Suyarov O.T., Narzullayev B.Sh., Rasulova B.I. *Sanoat korxonalarining energiya iste'moli samaradorligini baholash // Energiya va resurslarni tejash muammolari.* – Toshkent: 2019. 365-369 betlar.

1M63

ТОКАРНО – ВИНТОРЕЗНЫЙ  
СТАНОК



**NMZ**  
Именно здесь и металл

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРИВОЙ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ



**Каршибаев А.И.,**  
декан  
Энерго-механического факультета  
НГГТУ, к.т.н.



**Атауллаев Н.О.,**  
заведующий кафедрой  
«Электроэнергетика» НГГТУ, PhD



**Хамидов А.А.,**  
ведущий специалист  
ГУО и СМЗ  
АО «НГМК»



**Расулова Б.И.,**  
докторант  
кафедры «Электроэнергетика»  
НГГТУ

Автоматизация инверторных установок с импульсным управлением является актуальной задачей. В данной статье рассматриваются способы формирования кривой выходного напряжения и регулирования его величины. Для этого используются различные алгоритмы управления тиристорами. В частности, рассматриваются методы широтно-импульсного регулирования (ШИР). Эти методы позволяют эффективно управлять мощностью инвертора и обеспечивать стабильность его работы. Также рассматриваются вопросы выбора параметров управления и выбора тиристорных элементов.

**Ключевые слова:** тиристор, автономное управление, ток инвертора, асинхронный электродвигатель, импульсное управление, импульс, управление, алгоритм, тиристор, инвертор, выходное напряжение, широтно-импульсное управление, импульс, электропривод, алгоритм переключений, автономные инверторы напряжения, гармоника, диаграмма.

Широтно-импульсное регулирование в автономных инверторах напряжения характеризуется большим разнообразием путей получения характерной для них кривой выходного напряжения. Это обусловлено возможностью использования для реализации широтно-импульсного регулирования большого числа вариантов алгоритмов переключения тиристорных элементов, определяющих последовательность чередования во времени их открытых и закрытых состояний. При широтно-импульсных способах регулирования кривая выходного напряжения инвертора формируется в виде импульсов с одинаковой на периоде длительностью. Регулирование осуществляется путем изменения длительности (ширины) всех импульсов. Кривая выходного напряжения при ШИР в зависимости от требуемого гармонического состава может формироваться с малым или большим числом импульсов на периоде.

**Ключевые слова:** силовой тиристор, мостовой инвертор, выходное напряжение, широтно-импульсное регулирование, импульс, электропривод, алгоритм переключений, автономные инверторы напряжения, гармоника, диаграмма.

Простейший вид ШИР осуществляется посредством однократного переключения силовых тиристорных элементов на периоде. Регулирование напряжения производится путем изменения угла проводимости  $\psi$  каждого силового тиристора, однократно отпираемого в течение периода.

В [1] приведены диаграммы состояний силовых тиристорных элементов трехфазного мостового инвертора при текущих углах регулирования  $\psi = 180^\circ, 150^\circ, 120^\circ, 90^\circ$ , там же показаны кривые линейных и фазных напряжений.

Форма кривых выходного напряжения при этом АП существенно зависит от угла  $\psi$ , а относительный гармонический состав этих кривых в полном диапазоне регулирования от  $60^\circ$  до  $180^\circ$  претерпевает существенное изменение.

Помимо указанной зависимости форма кривой выходного напряжения (линейного и фазного) при рассматриваемом АП существенно зависит также от индуктивности нагрузки, ее  $\cos\varphi$  (за исключением случая  $\psi = 180^\circ$ ) [1]. Это связано с невыполнением при  $\psi < 180^\circ$  условий, необходимых для постоянства формы кривой выходного напряжения, которые предполагают обеспечение во всех интервалах (как в случае  $\psi = 180^\circ$ ) двусторонней проводимости трех плеч инверторного моста.

При отсутствии этого условия хотя бы в одной фазе возможно протекание тока этой фазы в зависимости от индуктивности нагрузки через обратный диод анодной или катодной группы создается непостоянство потенциала фазы, а, следовательно, и формы кривой выходного напряжения при различных параметрах нагрузки.

По этой причине алгоритм с однократным переключением силовых тиристорных элементов не нашел самостоятельного широкого применения в электроприводе переменного тока.

Путь решения проблемы был найден за счет увеличения числа переключений силовых тиристорных элементов в  $180^\circ$  – интервале. Рассмотрим применение алгоритмов с двукратным переключением. Возможны два случая, которые представлены на рис. 1.

Они различаются последовательностью во времени продолжительностей открытого состояния тиристорных элементов. В случае алгоритма переключения по рис. 1а, первый интервал проводимости силового тиристора равен  $\alpha^\circ$ , а второй  $60^\circ + \alpha^\circ$ . При АП по рис. 1б, последовательность интервалов обратная. Общим для обоих АП является то, что в интервалах  $\beta^\circ$  обеспечивается проводимость одного силового тиристора. Проводящий на интервалах  $\beta^\circ$  тиристор обеспечивает двустороннюю проводимость одного плеча инверторного моста, что повышает стабильность структур инвертора на этих интервалах. Благодаря этому форма кривой выходного напряжения при активно-индуктивной нагрузке отличается от исходной для АП из рис. 1а, лишь при  $\psi > 45^\circ$ . При АП по рис. 1б структуры вентильных цепей инвертора на участках  $\beta^\circ$  остается неизменными при изменении параметров активно-индуктивной нагрузки. Однако форма кривой выходного напряжения при такой нагрузке отличается от исходной наличием дополнительных импульсов напряжения.

В рассмотренных АП фактором, затрудняющим их применение в электроприводе переменного тока, является зависимость кривой выходного напряжения инвертора от параметров нагрузки. В АП с

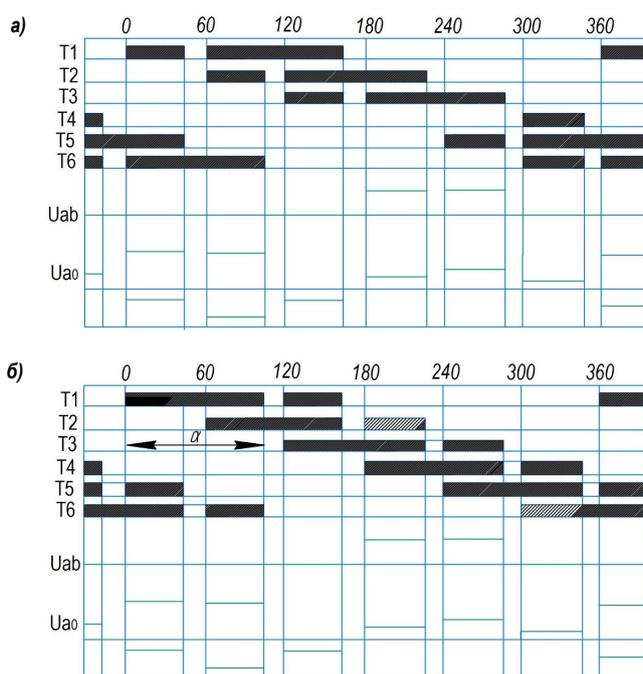


Рис. 1. Диаграммы состояний силовых тиристоров и кривые линейного и фазного напряжений

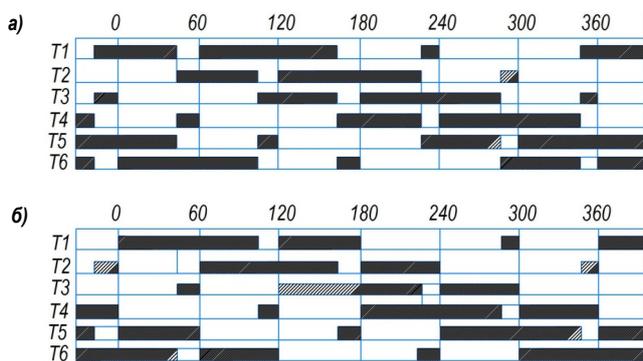


Рис. 2. Диаграммы состояний силовых тиристоров при алгоритмах с введенными дополнительными интервалами проводимости силовых тиристоров, последовательность интервалов: а)  $\alpha^\circ$ ,  $60^\circ + \alpha^\circ$ ; б)  $60^\circ + \alpha^\circ$ ,  $\alpha^\circ$

двухкратным переключением силового тиристора на периоде создается проводимость одного тиристора на всех интервалах. Для сохранения исходной формы кривой выходного напряжения при любых изменениях параметров активно-индуктивной нагрузки необходимо обеспечить на интервалах  $\beta^\circ$  соединение между фазами нагрузки через вентили инвертора. Для этого на указанных интервалах в проводящем состоянии должны находиться три силовых тиристора, относящиеся к общей группе (анодной или катодной). Указанные АП в связи с этим должны быть несколько видоизменены посредством введения дополнительного отпирания (и последующего запираания) на интервалах  $\beta^\circ$  одного или двух силовых тиристор. Путем такого видоизменения в [1, 5] получены АП, обеспечивающие четыре импульса в кривой выходного напряжения (рис. 2).

За счёт введения дополнительных коммутаций обеспечивается поочередное переключение силовых тиристоров в каждой фазе и, как следствие, проводимость трех плеч инверторного моста на всех

интервалах, а, следовательно, и независимость формы кривой выходного напряжения от изменения параметров нагрузки.

АП, представленные на рис. 2, служат основой для рассматриваемого типа ШИР. Рассмотрим подробнее алгоритм с четырьмя импульсами в кривой линейного напряжения (рис. 2 б) [5].

Рассматриваемый АП основан на алгоритме 180-градусного управления посредством введения дополнительных участков закрытого и открытого  $\alpha^\circ$  и закрытого  $\beta^\circ$  состояний равна 60 градусам. Дополнительные переключения тиристоров производятся в правой части средних 60-градусных интервалов проводимостей и закрытого состояния (для Т1 в интервалах от  $60^\circ$  до  $120^\circ$  и от  $240^\circ$  до  $300^\circ$ ).

Объединяющим признаком приведенных на рис. 1 и 2 АП является четыре импульса в исходной кривой линейного напряжения инвертора. Эти АП, будучи относительно простыми в реализации, в ряде случаев не позволят полностью удовлетворить требованиям электропривода переменного тока, они допускают сравнительно небольшой диапазон совместного регулирования напряжения и частоты [1, 6]. Это обусловлено повышенным составом высших гармонических в кривой выходного напряжения инвертора и тока двигателя. Последние вызывают повышение потери в АД и значительный рост токов в инверторе.

Указанные недостатки преодолеваются переходом к АП, при которых кривая выходного напряжения формируется при большом числе импульсов. В этой связи предоставленные выше кривые, в том числе и на рис. 2 б, являются исходными при формировании кривой выходного напряжения с числом импульсов на периоде, большей четырех. Повышение количества импульсов создается за счет увеличения в исходных АП числа участков закрытого и открытого состояний силовых тиристоров. Параметром  $n \geq 1$  принято обозначать количество создаваемых пауз в проводимости силовых тиристоров в 60-градусном интервале (1). В этом случае количество импульсов длительностью  $\alpha^\circ$  в кривой линейного ( $K_{\text{ли}}$ ) и фазного ( $K_{\text{фн}}$ ) напряжений на периоде составят:

$$K_w = 4n \cdot K_{\text{фн}} = 3 / 2 K_{\text{ли}} = 6n \quad (1)$$

Существенным параметром АП является показатель кратности коммутации  $K_k$ , отражающий количество переключений двух силовых тиристоров в фазе и количество перезарядов коммутирующего конденсатора в фазном узле принудительной коммутации на периоде:

$$K_k = 4n + 2 \quad (2)$$

Исходным показателем качества формы кривой выходного напряжения является содержание в ней высших гармонических. На рис. 2 представлены зависимости относительного состава гармонических от  $\alpha^\circ$  соответственно для  $n=1$  (а),  $n=2$  (б),  $n=3$  (в),  $n=4$  (г). Амплитудное значение напряжений гармонических получается из выражения (3):

$$A_{mv} = \frac{4E}{\pi v} \sin \frac{v\alpha^\circ}{2} \left( \sin \frac{\pi v}{3} / \sin \frac{2\pi v}{6n} \right) \quad (3)$$

Где:

$$A_{mv} = \frac{4E}{\pi v} \sin \frac{v\alpha^\circ}{2} \quad \text{— амплитудное значение гармонической в относительных единицах;}$$

$v=1, 3, 5, 7, 11$  – номера гармонических;

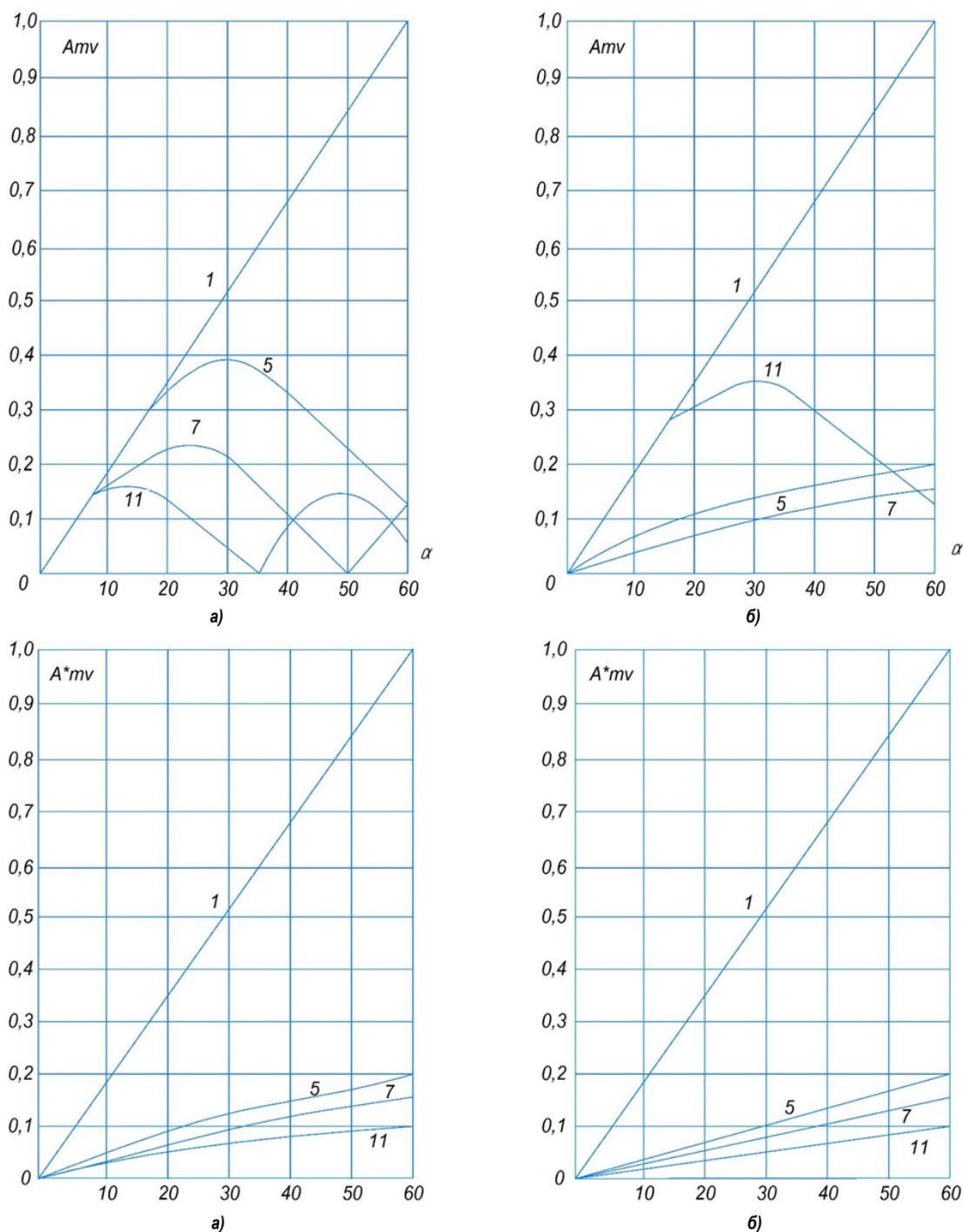
$E$  – напряжение питания. Так как:

$$\alpha^\circ + \beta^\circ = 60 / n \quad (4)$$

То максимальным значениям  $\alpha^\circ$  при  $n=1, 2, 3, 4$  будут соответствовать углы в  $60, 30, 20$  и  $15$  градусов. За единицу по оси ординат на рис. 3 принято значение амплитуды первой гармоники на верхнем пределе регулирования напряжения, равное:

$$A_1 = 2\sqrt{3}E / \pi$$

Из рис. 3 следует, что амплитуда первой гармоники выходного напряжения при ШИР связана практически линейной зависимостью с углом  $\alpha^\circ$ . Это позволяет при постоянстве абсолютной длительности импульсов путем изменения частоты реализовать закон управ-



**Рис. 3. Кривые характеризующие относительный гармонический состав линейного напряжения АИН с ШИР1:  $\eta=1$  (а),  $\eta=2$  (б),  $\eta=3$  (в),  $\eta=4$  (г)**

ления скоростью вращения АД, при котором  $U/f=\text{const}$ . При  $\eta=1$  (рис. 3) а в кривой выходного напряжения инвертора значительное содержание 5-ой и 7-ой гармонических, при чем для  $\alpha^\circ < 15^\circ$  их значения соизмеримы с основной. При  $\eta=2$  рис. 3, б велико содержание 11-ой гармоники. При  $\eta=3$  и  $\eta=4$  (рис. 3, в, г) относительный гармонический состав примерно такой же, как в случае регулирования выходного напряжения по цепи питания.

Существенная зависимость состава гармонических от параметра  $\eta$  обуславливает необходимость в разбиении полного диапазона регулирования частоты на поддиапазоны по параметру  $\eta$  (1). Ниже

данные положения подтверждаются и характером изменения предкоммутационных токов. В области низких частот кривую выходного напряжения следует формировать с большим числом импульсов, а по мере повышения частоты их число должно уменьшаться.

В рассмотренном способе ШИР, получившим название "односторонний" или ШИР1 [2], все импульсы, составляющие кривые линейного и фазного напряжений, имеют одинаковую длительность  $\alpha^\circ$ . Существует также второй способ ШИР, так называемый "двусторонний" или ШИР2 [2], при котором не все импульсы в кривой линейного и фазного напряжений имеют одинаковую длительность.

Способ ШИР2 был впервые представлен в [5], а его специфика изложена в [2-4].

АП силовых тиристоров здесь также основан на режиме 180-градусного управления. Дополнительные переключения тиристоров, необходимые для реализации ШИР2, осуществляется в средней части средних  $60^\circ$  – интервалов проводимостей и открытых состояний. Крайние импульсы в кривой линейного напряжения на полупериодах имеют длительность  $\alpha^\circ$ , а центральные импульсы –  $2\alpha^\circ$ . Сумма участков открытого и закрытого состояний силовых тиристоров при  $\eta=1$  в интервале  $60^\circ$  составляет:

$$2\alpha^\circ + \beta^\circ = 60 \quad (5)$$

Специфику имеет и вид кривой фазного напряжения, в которой наблюдается непосредственный (без паузы) переход от импульсов

АП является исходным при ШИР2 для формирования кривых выходного напряжения с большим количеством импульсов. Здесь это также достигается за счет создания соответственного числа пауз в проводимости силовых тиристоров в указанном  $60^\circ$  – градусном интервале.

Количество импульсов длительности  $\alpha^\circ$  в кривой линейного и фазного напряжений на периоде при ШИР2 составляет:

$$K_{ли} = 8\eta; K_{фаз} = 3/2 K_{ли} = 12\eta \quad (6)$$

Из сравнения 1 и 6 следует, что при одном и том же параметре  $\eta$  кривые линейного и фазного напряжений при ШИР2 состояются из количества импульсов длительностью  $\alpha^\circ$ , вдвое большего, чем при ШИР1. Показатель кратности коммутации  $K_c$  определяется тем же соотношением 2, что и для ШИР1.

Графическая интерпретация 1.7 для  $\eta=1, 2, 3, 4$  представлена на рис. 3. Для данного вида ШИР также наблюдается практически линейная зависимость амплитуды первой гармоники от угла регулирования  $\alpha^\circ$ . Значения  $\eta=1, 2$  рис. 3 а, б характеризуются повышенным уровнем 5,7 и 11 гармонических, которые при малых  $\alpha^\circ$  становятся соизмеримыми (в особенности для  $\eta=1$ ) с амплитудой основной гармоники. Для  $\eta \geq 3$  зависимости амплитуд гармонических от угла регулирования  $\alpha^\circ$  становятся близкими к линейной. Одинаковому параметру  $\eta$  соответствует для ШИР2 вдвое меньшее значение максимального угла  $\alpha^\circ$  по сравнению с ШИР1.

#### Библиографический список:

1. Кулик В.Д. Силовая электроника. Автономные инверторы, активные преобразователи. Учебное пособие. – Москва: СПбГТУРП, 2010г. – 90 с.
2. Bimbhra P.S., Surinder K. Power Electronics. Third edition. – Дехли: Nau Sarak, 2002 г. – С. 309-310.
3. Leonids R., Anatolij Z. Power Electronics. Riga Technical University. – Рига: Нео Сайнс, 2014. – С. 176.
4. Семенов Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. Москва: СОЛОН-Пресс, 2005 г. – С. 256.
5. Калашников Б. Е., Кривяцкий С.О. Системы управления автономными инверторами. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – С. 105.
6. Розанов Ю. К. Силовая электроника: учебник для вузов. 2-е издание. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. – С. 346-348.
7. Хамидов А.А., Расулова Б.И. Формирование и регулирование основополагающих значений в системах электропривода широтно-импульсными способами с помощью инверторов напряжения. – Мунбау: International journal of Science and Technology. 2024 г. – С. 103-108.

НТ-250-01; НТ-250 М

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
ИЗДЕЛИЯ ЖЕЛЕЗА И МЕДИ

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## TEGIRMON USKUNALARI PARAMETRLARINING YANCHISH SAMADORLIGIGA TA'SIRI



**Ishnazarov O.X.,**  
O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Energetika muammolari instituti direktor o'rinbosari, t.f.d., professor



**Mardonov D.Sh.,**  
NDK va TU «Energetika» kafedrasi doktoranti

*Bu ishda shar aralashgan ruda yuklarini markazga tushish ehtimolini oshirish sinovdan o'tkazilgan. Bu orqali yanchish fraksiyasini takomillashtirish asosida shar tegirmonlarini unumdorligini oshirish imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Sharli tegirmon yuklash hajmi va pulpa qattiq zarralarining konsentratsiyasi tegirmonning tayyor mahsulot hajmiga va elektr energiya sarfiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun elektr energiya samadorligi va yanchish sifatini oshirishga faqat ushbu muhim operatsion omillar kerakli optimal qiymatga to'g'ri sozlangan taqdirda erishish mumkin. «Bir martalik omillarni hisobga olish» klassik usulining kamchiliklari tufayli, ushbu tadqiqotda Rohat va Abjibugut rudasini davriy maydalash vaqtida pulpaning qattiq zarrachalari tarkibini va sharlarni yuklash hajmini optimallashtirish uchun statistik eksperimental tadqiqot usullari qo'llanilgan. Maksimal yanchish tezligi va minimal solishtirma elektr energiya sarfiga (kVts/t) erishish uchun sharlar yuklanishini ko'pgina kombinatsiyalashgan usullaridan foydalanish zarur bo'ladi. Ushbu optimallashtirilgan sharoitlarda o'tkazilgan ilmiy tadqiqot natijasi ma'lum bir elektr energiya sarfini kamayishiga olib keldi va ishonchlilikni oshirdi.*

**Tayanch iboralar:** sharli tegirmon, unumdorlik, yanchilish, markaziy zarba, tangensial zarba, optimallashtirish, takomillashtirish, solishtirma elektr energiya sarfi, maksimal yanchish tezligi.

*В этой работе была проведена проверка, повышающая вероятность попадания рудных шаров в центр. Таким образом, была рассмотрена возможность повышения производительности шаровых мельниц за счёт улучшения фракции измельчени. Объём загрузки шаровой мельницы и концентрация твёрдых частиц в пульпе существенно влияют на объём готовой продукции и потребление электроэнергии. Таким образом, повышение эффективности использования электроэнергии и качества обжига может быть достигнуто только при правильной настройке этих важных рабочих факторов до желаемого оптимального значения. Из-за недостатков классического метода «учёта единичных факторов», в данном исследовании были использованы статистические экспериментальные методы исследования для оптимизации состава твёрдых частиц пульпы и объёма загрузки шаров при периодическом измельчении руды Rohat и Абджибугут (местное месторождение). Для достижения максимальной скорости вращения и минимального удельного энергопотребления (кВтч/т) необходимо использовать множество комбинаций способов загрузки шаров. Результаты научных исследований, проведённых в этих оптимизированных условиях, привели к снижению удельного потребления электроэнергии и повышению надёжности.*

**Опорные слова:** шаровая мельница, производительность, измельчение, центральный удар, тангенциальный удар, оптимизация, удельное потребление электроэнергии, максимальная скорость измельчения.

Bugungi kunga qadar tegirmonni yuklash dinamikasini ishlab chiqilmagan bo'lib, barcha jihatlarini qamrab oluvchi to'liq nazariyasini yaratish bo'yicha tadqiqotlar davom etmoqda. Ushbu mavzuning amaliy ahamiyati, yuklash elementlari trayektoriyalarini bilish asosida tegirmonni yanchish rejimini va boshqa shunga o'xshash xususiyatlarini bashorat qilish imkoniyatidir [1].

Yanchish shar tegirmonida harakatlanadigan sharlar yordamida amalga oshiriladi. Shuning uchun juda ko'plab xodisalami sharlar harakatini kuzatish orqali tahlil qilish imkonini beradi. Yanchish mexanizmi, tegirmon yuklanishi va siljishi, ruda va sharlarning bir necha xil rejimlari va boshqa hodisalami kuzatish mumkin. Ushbu ishda ruda va sharlarning harakatini, taqsimlanishini miqdoriy jihatdan tushunish uchun tegirmondagi barcha yukni tezligini nazorat qilish talab etiladi [2].

Shar tegirmon unumdorligi quydagi empirik formula bilan topiladi [3].

$$Q = k \cdot V \cdot D^{0,6}, \text{ tonna/soat} \quad (1)$$

Bu yerda  $k$  – ruda va tayyor mahsulot hajmiga qarab mutanosiblik koeffitsiyenti;

$V$  – baraban hajmi;

$D$  – barabanning ichki diametri;

$k$  koeffitsiyent quydagi o'zgaruvchilar yordamida aniqlanadi:

$$k = (2,3 \cdot 10^{-3} \dots 8 \cdot 10^{-3}) \frac{d_n}{d_k} \quad (2)$$

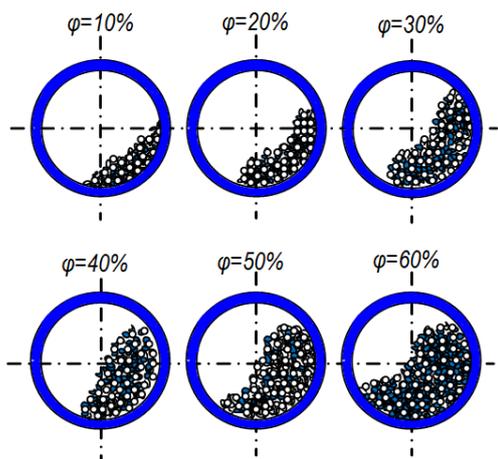
$d_n$  – rudani yanchilishdan oldingi o'rta o'lchami

$d_k$  – rudani yanchilishdan keyingi o'rta o'lchami

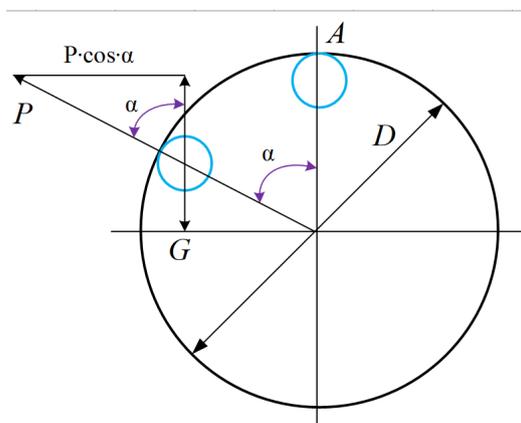
Oddiy holatda sharli tegirmonlarni shar [4] bilan yuklanishi 10, 20, 30, 40, 50, 60% tashkil etadi. Shuni hisobga olgan holda amaliyotda biz MBSHT (Markaziy bo'shatuvchi sharli tegirmon) tegirmonni asosan 40 % shar bilan yuklanishiga guvohmiz va bu jarayon va tayyor mahsulotni chiqishi uchun mukammal holat deya olingan. 1-rasmda tegirmon barabanida harakat qiluvchi shar aralash rudalami necha foizga yuklanishlari va ular qay holatda bo'lishlari ko'rsatilgan. Yuklanish qaysi vaziyatda optimal holatga erishishi tahlil qilinadi.

Tegirmonlarni shar bilan to'ldirish koeffitsiyenti quydagi formula bilan aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{M_{sh}}{\rho_n \cdot V} \quad (3)$$



1-rasm. Markaziy bo'shatuvchi sharli tegirmonlarni shar bilan yuklanishlari (%)



2-rasm. Sharli tegirmon barabanidagi bitta shar yanchish harakatini diagrammasi

bu yerda  $M_{sh}$  – sharlar massasi, kg;

$V$  – baraban hajmi,  $m^3$ ;

$\rho_n$  – sharlar zichligi,  $kg/m^3$ .

Shar o'lchamlari tanlash baraban yukli harakatining o'zgarishi, kiruvchi zarrachalarning o'lchami hamda yanchiluvchan mahsulotga bog'liq bo'ladi.

Barcha qiymatlarni bog'liqligini hisobga olgan holda keyingi empirik formulani bog'laymiz [5].

$$d_{sh} = 4,8 \cdot \lg d_k \cdot \sqrt{d_n}, \text{ mm} \quad (4)$$

bu yerda  $d_{sh}$  – shar diametri, mm;

Tegirmonda shar ishqalanish natijasida baraban devori bo'ylab ko'tariladi va markazdan qochma kuch ta'siri ostida qoladi va sharning

og'irligi pastga yo'nalgan bo'ladi [6]. 2-rasmda markaziy bo'shatuvchi sharli tegirmon barabanida bitta sharni harakati va unga tushuvchi kuchlarni harakati va yo'nalishi keltirilgan. Bu holatda uzilish va tushish burchaklari tahlil qilingan.

Yanchuvchi sharda markazdan qochma kuch quyidagiga teng bo'ladi.

$$P_{mq} = m \frac{n^2}{30} \cdot R \quad (5)$$

bu yerda  $m$  – shar massasi, kg;

$n$  – barabanni aylanish chastotasi,  $ayl/min$ ;

$R$  – baraban radiusi, m;

Pastga bosuvchi shar massasi quyidagiga teng bo'ladi.

$$G = mg \quad (6)$$

Eng katta ko'tarilish vaqtida shar (A nuqtasi) baraban devoridan ajralib chiqadi va baraban devorining harakat tezligiga teng tezlikda bron qoplamalariga ma'lum bir burchak ostida erkin tushib kelib uriladi.

Shar qiya burchagi

$$P \cdot \cos \alpha = mg \quad (7)$$

Bu yerda  $\cos \alpha$  quyidagiga teng bo'ladi.

$$\cos \alpha = \frac{mg}{P} = \frac{mg}{m \frac{n^2}{30} R} = \frac{900}{n^2 \cdot R} \quad (8)$$

Sharlarning tushish chastotasi tegirmonning ishlashi va barabanning aylanish chastotasiga bog'liq. Bu holatda barabandan chiqadigan shovqinlar soni ortishi sharlarning baraban devorlariga qattiq urilishi bilan uzviy bog'liqdir. Ushbu harakatlar mobaynida sharlarning tortishish kuchi markazdan qochma kuchga teng bo'ladi.

Bunday holda, burchak  $\alpha=0^\circ$  bo'lsa  $\cos 0^\circ=1$  ga teng bo'ladi.

Shunday qilib quyidagilarga erishamiz:

$$1 = \frac{900}{n_{kr} \cdot R} = \frac{1800}{n_{kr} \cdot D} \quad (9)$$

$$n_{kr} = \sqrt{\frac{1800}{D}} = \frac{42,4}{\sqrt{D}} \quad (10)$$

Barabanning ishchi aylanish tezligi [7] kritik tezligidan taxminan 25 % ga pastroq bo'ladi.

$$n_{ish} = 0,75 n_{kr} \quad (11)$$

bu yerda  $n_{ish}$  – barabanning ishchi aylanish tezligi,  $ayl/min$ ;

$n_{kr}$  – barabanning kritik aylanish tezligi,  $ayl/min$ .

Usullar. Shar tegirmonlarida yanchish jarayonining rejimiga ta'sir qiluvchi asosiy omillarni aniqlash uchun sinov tadqiqotlari o'tkazildi. Tadqiqotda turli omillarning tegirmon samaradorligiga miqdoriy ta'sirini aniqlaydigan ko'rsatkichlar tanlandi.

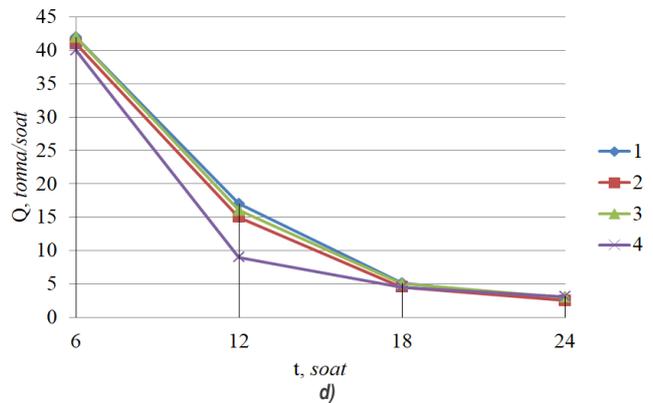
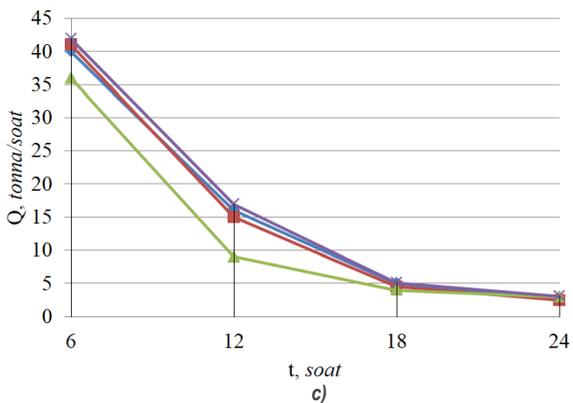
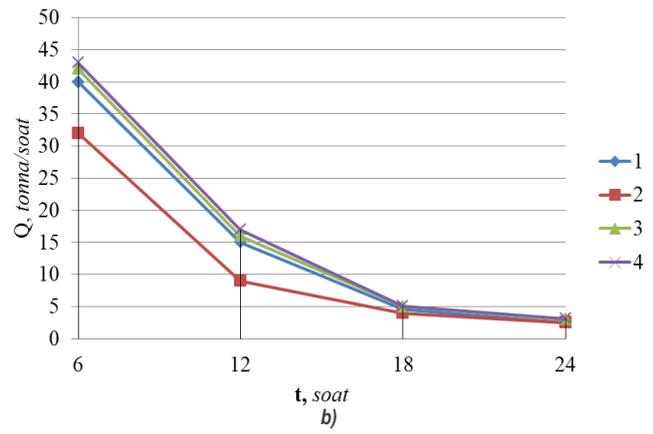
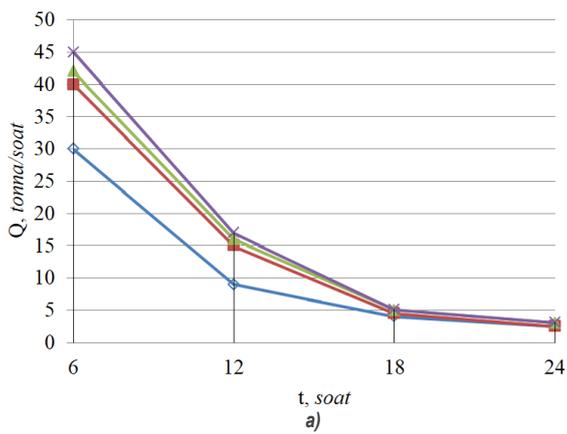
Optimallashtirish ko'rsatkichi sifatida solishtirma sirt maydoni olindi. Tayyor mahsulotning granulometrik tarkibi nazorat parametri sifatida ishlatiladi. Sharli tegirmonlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini tavsiflovchi parametrlar tayyor mahsulotning unumdorligi va solishtirma elektr energiya sarfi hisoblanadi [8, 9].

Tajribalar davriy ishlaydigan tegirmonlarda o'tkazildi. Sharlarni yuklash massasi va boshqa parametrlari 1-jadvalda keltirilgan. Tegirmonga yuklangan ruda miqdori yanchish muhiti orasidagi

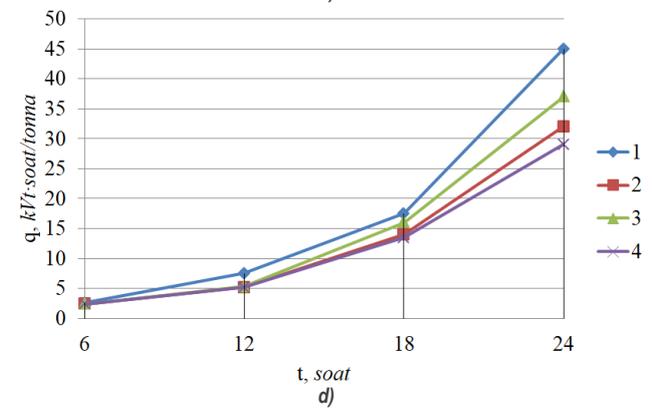
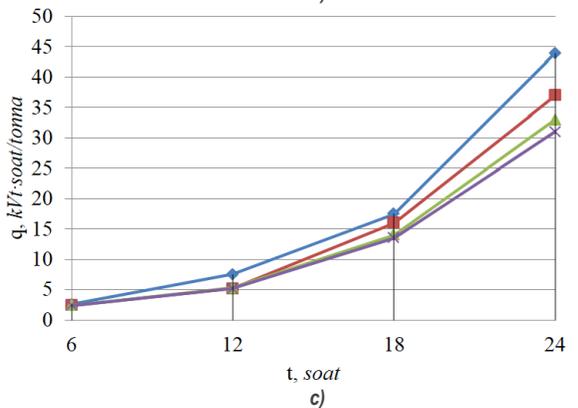
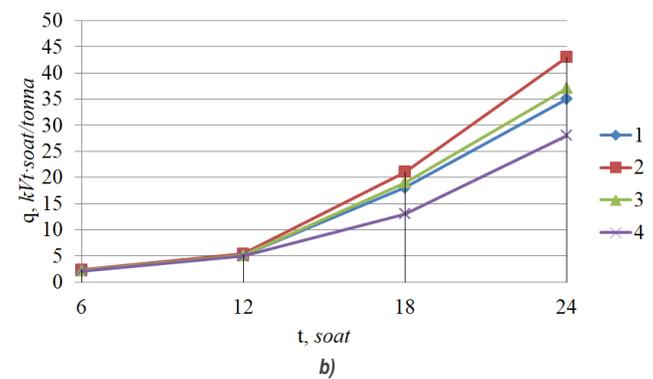
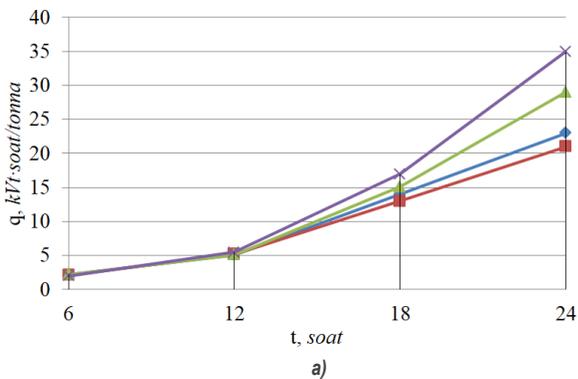
1-jadval

MBSHt 3200x4500 tegirmonida sharlarni yuklanish tarkibi (eksperiment)

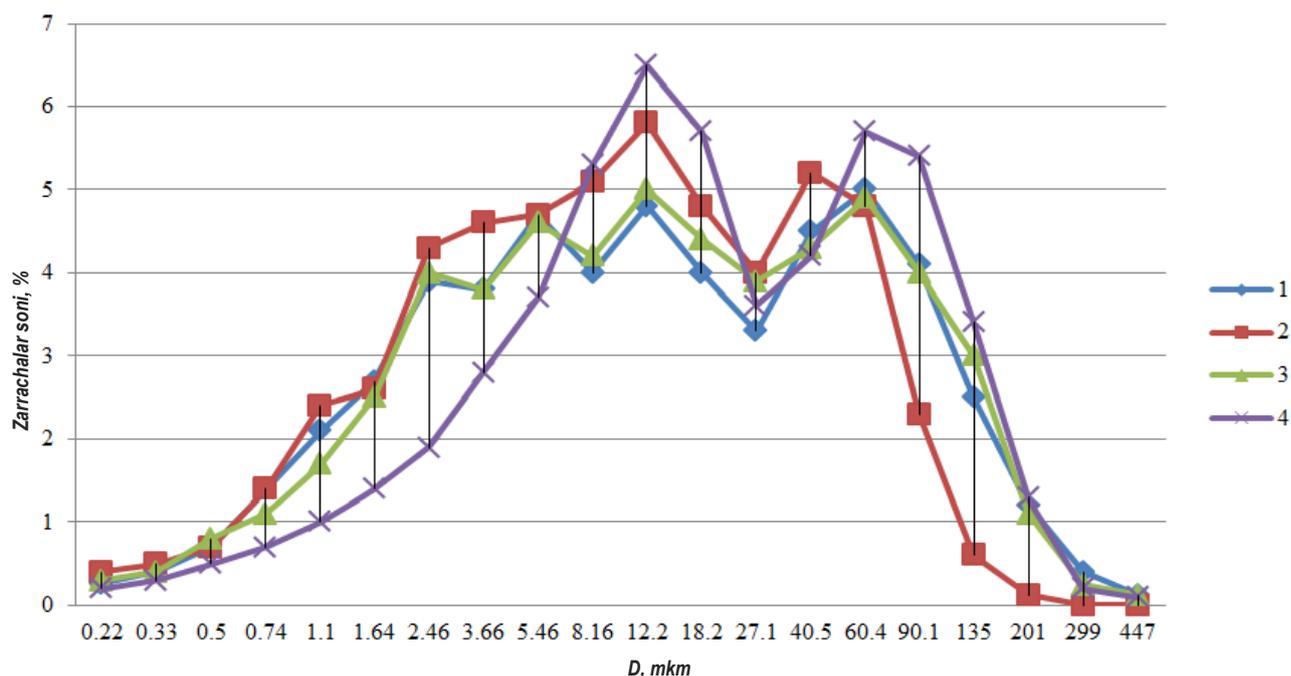
№	Shar massasi, (g)	Shar diametri, (mm)	Sharlar soni, (dona)	Sharlarni umumiy og'irligi, (t)	Sharlarning foizi (%)
1.	540	68	17777	9,6	50
2.	420	60	4571	1,92	10
3.	350	50	4571	1,92	10
4.	260	40	22153	5,76	30
Jami	–	–	49072	19,2	100



**3-rasm. Unumdorlikni yanchish vaqtiga eksperimental bog'liqligi ko'rsatilgan:** a) 1-aylanish tezligi uchun; b) 2-aylanish tezligi uchun; c) 3-aylanish tezligi uchun; d) 4-aylanish tezligi uchun



**4-rasm. Solishtirma elektr energiya sarfini yanchish vaqtiga eksperimental bog'liqligi:** a) 1-aylanish tezligi uchun; b) 2-aylanish tezligi uchun; c) 3-aylanish tezligi uchun; d) 4-aylanish tezligi uchun



5-rasm. Tegirmonning  $n = 22$  ayl/min tezligida olingan tayyor mahsulotdagi zarrachalar hajmini taqsimlash grafigi va sharlarning turli og'irlikdagi o'rtacha diametri: 1)  $d_{sh} = 40$  mm; 2)  $d_{sh} = 50$  m; 3)  $d_{sh} = 60$  m; 4)  $d_{sh} = 68$  mm

bo'shliqlar hajmiga qarab belgilanadi, bu 14% ni tashkil qiladi. Boshlang'ich ruda sifatida o'lchami  $+0,15+0,074$  mm bo'lgan donadorli ruda kusoklari bilan ish olib borilgan. Bu bizga tajriba natijalarini ishonchli baholash imkonini beradi. To'liq yanchish xarakteristikasini olish uchun yanchish vaqtining ma'lum vaqt oralig'idagi namunalari olingan [10].

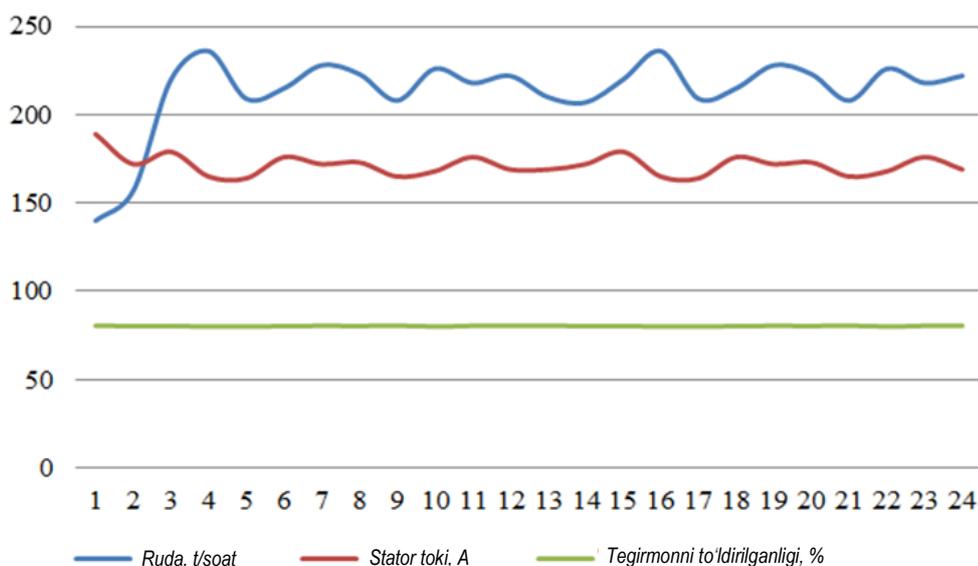
MBSHT ning aylanish tezligi 20-22 ayl/min oralig'ida o'zgaradi. 3-rasmda unumdorlikni yanchish vaqtiga eksperimental bog'liqligi ko'rsatilgan  $Q=f(t)$ .

3-rasmda ko'rsatilgan barcha egri chiziqlarning o'ziga xos xususiyati yanchish vaqtini oshishi bilan tegirmon unumdorligining pasayishiga olib

keladi. Shunday qilib biz bu sinov jarayonimizda, sharlarning o'rtacha diametri 68 mm lik bo'lgan sharlarni yuklash, tegirmon barabanining 22 ayl/min ya'ni sharshara rejimida yaxshiroq ishlashini guvohi bo'lishimiz mumkin. Ushbu rejimda ruda yanchish asosan tushayotgan yanchish vositalarining ta'siri tufayli sodir bo'ladi.

Misol uchun, tegirmon barabanining aylanish tezligi 22 ayl/min bo'lganda (3a-rasm) rudaning yanchish vaqti oshadi, tegirmonning unumdorligi 40 tonna/soat dan 3 tonna/soat gacha kamayadi (3-egri chiziq).

Rudalarni yanchish davomida (4-rasm) solishtirma elektr energiya iste'moli 5 kVt-soat dan 45 kVt-soat gacha ortadi [11, 12].



6-rasm. Markaziy bo'shatuvchi sharli tegirmonlarni nazorat qiluvchi shumamer qurilmasi ko'rsatkichlari

Sharlarning o'rtacha og'irligi va diametrini oshishi bilan sharli rudani yuklanishida kichik diametrdagi sharlar ustivorlik qiladi, ular tegirmon barabanining past aylanish tezligida yaxshiroq ishlaydi, ya'ni kaskad rejimida. Ushbu rejimda rudani maydalash asosan sharlar orasidagi hamda sharlar va tegirmon barabanining bronli qoplamalari orasidagi ishqalanish va yanchilish orqali sodir bo'ladi. Egri chiziqlarning o'zgarish tavsiflari buni yaqqol tasdiqlaydi.

Yanchish kinetikasining qiymati tayyor mahsulotning pulpa tarkibidagi qonuniyatlarni tushunish va tushuntirishga imkon bermaydi, shuning uchun har xil og'irlikdagi o'rtacha sharlar diametrining rudani yanchish jarayoniga ta'sirini yaxshiroq kuzatish uchun tayyor mahsulotning zarracha hajmini taqsimlash egri chiziqlari quriladi, 5-rasmda ko'rsatilgan.

Barcha holatlarda yanchishdan so'ng, granulometrik kompozitsiya egri chiziqlarining tavsifi o'zgarishsiz qoladi, eng kichik fraksiyaning yanchilishi tufayli faqat zarracha o'lchamlari diapazonining torayishi mavjud va zarrachalarning hajmi bo'yicha qayta taqsimlanishi ham mavjud.

Bu egri chiziqlarni tahlil qilib aytishimiz mumkinki, rudani yanchishda sharning boshqa og'irlikdagi o'rtacha diametridan foydalanish tayyor mahsulotning granulometrik tarkibiga ta'sir qiladi. Shunday qilib, sharlarning o'rtacha diametri 40 dan 68 mm gacha oshishi bilan tayyor mahsulot tarkibidagi zarrachalar miqdori 0,22 mikrondan 6 mikrongacha 2% ga, 5 mikrondan 30 mikrongacha – 6-15% ga oshadi.

O'rtacha diametri  $d_{50}=68$  mm (4-egri chiziq) bo'lgan sharlarni yuklash bilan ezilgan tayyor mahsulotdagi hajmi 30 mikrondan 5 mikrongacha bo'lgan zarrachalarning ulushi maksimal 40% ni tashkil qiladi.

Markaziy bo'shatuvchi sharli tegirmonlarga sharlarni yuklash quyidagi ko'rsatkichlarga qarab amalga oshiriladi.

- elektr yuritma stator tokiga qarab;
- tayyor mahsulotga qarab (Tayyor mahsulotning chiqishi 30% dan kamayib ketmasligi kerak);
- tegirmon chiqaradigan shovqin oshib ketganda.

Tegirmonda bu ko'rsatkichlarni nazorat qilish maqsadida shumamer qurilmasi o'rnatilgan. Qurilma ruda unumdorligini, elektr yuritma stator tokini va tegirmonning o'ldirilganlik darajasini ma'lum vaqt davomida ko'rsatib turadi (6-rasm).

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sharlarning o'rtacha diametri oshishi bilan yanchiladigan yuk materialiga umumiy ta'sirning oshishi va bitta sharning ta'sir kuchi kamayishi bilan izohlanadi. Shuning uchun katta diametrdagi sharlar katta o'lchamdagi rudani yanchish uchun, kichik diametrdagi sharlar kichikroq o'lchamdagi rudalarni yanchish uchun ishlatiladi.

Tayyor mahsulotning solishtirma sirt maydoni, uning granulometrik tarkibi bilan birga, rudaning zichlik va qattqlik xususiyatlarini tavsiflovchi eng muhim ko'rsatkichidir.

Tajribalar natijasida rudani yanchish paytida sharlarning o'rtacha diametrini oshirish bilan tayyor mahsulotning solishtirma sirt maydoni sezilarli darajada oshishi aniqlandi.

Bu shuni ko'rsatdiki, yanchish vositalarining kinetik energiyani hisobga olgan holda tayyor mahsulotning solishtirma sirt maydonining ko'payishi yanchish ta'sirining teng bo'lmagan samaradorligini tushuntiradi. Natijada markaziy bo'shatuvchi sharli tegirmon iste'mol qiladigan solishtirma elektr energiyani miqdorini 15% ga kamaytirishga erishildi.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Paneva M., Panev P., Stoimenov N. Overview and analysis of lifter types and ball mill operating parameters // presented at the 12TH International scientific conference "Techsys 2023" – engineering, technologies and systems, Plovdiv, Bulgaria, 2024, pp. 60004. doi: 10.1063/5.0208938
2. Nurjaman D.M., Titah H.S., Kawigraha A., Purwanti I.F., Hidayat W. Optimization of adaptive and sustainable gold ore grinding processes for better environmental and land conditions in the small-scale gold mining sector in Indonesia // J. Degrad. Min. Land Manage., vol. 11, no. 3, Apr. 2024, pp. 5635-5646, doi: 10.15243/jdmlm.2024.113.5635.
3. Jayasundara C.T., Zhu H.P. Impact energy of particles in ball mills based on DEM simulations and data-driven approach // Powder Technology, vol. 395, Jan. 2022, pp. 226–234, doi: 10.1016/j.powtec.2021.09.063
4. Gupta V.K. Population balance modeling approach to determining the mill diameter scale-up factor: Consideration of size distributions of the ball and particulate contents of the mill // Powder Technology, vol. 395, Jan. 2022, pp. 412–423, doi: 10.1016/j.powtec.2021.09.059.
5. Nikolic V., Doll A., Trumić M. A new methodology to obtain a corrected Bond ball mill work index valid with non-standard feed size // Minerals Engineering, vol. 188, Oct. 2022, pp. 107822, doi: 10.1016/j.mineng.2022.107822
6. Борщев В.Я., Кормильцин Г.С., Промтов М.А., Воробьева Л.А. Машины и аппараты химических производств. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 32 с.
7. Павлиненко О.И., Левченко Э.П., Левченко О.А., Бондар Н.А. Повышение эффективности процесса расклевывания стальной дроби в шаровой мельница // Сборник научных трудов ГОУВПО ЛНР ДонГТУ, no. 5, 2017. – 88 с.
8. Ishnazarov O.X., Mavlonov J.A., Mardonov D.Sh., Sharli tegirmonlarni shar bilan yuklanishda elektr energiya samaradorligini oshirishning asosiy istiqbollari // Konchilik xabaromasi. Ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy, 2023. 104–107 bet. doi: DOI:10.54073/GV.2023.2.93.025.
9. Mavlonov J.A., Mardonov D.Sh., Rudani yanchuvchi tegirmonlarni elektr energiya samadorligini oshirish usullari // Konchilik xabaromasi. Ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali 3(90). – Navoiy, 2022. 102–105 bet. doi: 10.54073/GV.2022.3.90.025.
10. Ишнazarov O.X., Mavlonov J.A., Mardonov D.Sh., Кучкоров Ж.Н. Влияние на процесс измельчения в шаровых мельницах степени загрузки шарами // VII Международная научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика, Россия: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (Кемерово), 2022, – С. 229-1–229-6.
11. Ishnazarov O., Mavlonov J., Mardonov D. Control of ball mill operation depending on ball load and ore properties // E3S Web Conferens., vol. 461, 2023. pp. 01091 doi: 10.1051/e3sconf/202346101091.
12. Mavlonov J., Mardonov D., Eshmirzayev M., Togayev I. Improvement of methods to ensure energy efficiency of ball mills functioning // E3S Web Conf., vol. 417, 2023. p. 03014, doi: 10.1051/e3sconf/202341703014.

## ELEKTR MOTORLARNING YUKLANISH KOEFFITSIENTINI KAMAYTIRISH ASOSIDA ULARNING ISHLASH DAVRINI HAMDA ISHONCHLILIGINI OSHIRISH



**Narzullayev B.Sh.,**  
NDK va TU «Elektr energetikasi»  
kafedrası dotsenti, PhD



**Boboqulov J.S.,**  
NDK va TU «Elektr energetikasi»  
kafedrası assistenti

Bugungi kunda elektr motorlar elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyasining eng katta iste'molchilaridan biri hisoblanadi. Ayni vaqtda elektr stansiyalar tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyani iste'molchilarga yetkazib berish hamda taqsimlashda tarmoqlarda bir nechta muammolar (fazalar uzilishi, kuchlanishning nosenimetriya koeffitsiyentini o'zgarib ketishi) vujudga keladi, yuzaga kelgan muammolar elektr motorlarning yuklama rejimida ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ya'ni yuklama rejimida ishlab turgan elektr motorlar o'ta yuklama rejimiga o'tib qoladi. Bu rejim elektr motorlarning ish jarayonlarida ko'plab avariylarni keltirib chiqarishga sabab bo'ladi. Shuning uchun, elektr motorlarning ishlash davrida o'ta yuklama rejimlariga o'tib qolish holatlarini keltirib chiqaradigan omillarni o'rganib, taxlil qilish ularni oldini olib, bartaraf etish bugungi kunning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Shu sababli, ushbu maqolada yuqorida aytilgan muammolarning yechimi sifatida elektr motorlarning o'ta yuklama ko'effitsiyentini kamaytirish asosida motorlarning ishlash davrini hamda ularning ishonchlilikini oshirish usuli ishlab chiqilgan. Maqolada keltirilgan usulning mavjud boshqa usullardan farqi shundaki, elektr motorlarning o'ta yuklama rejimlariga o'tib qolish sabablari aniq keltirilgan hamda elektr motorlarning o'ta yuklama ko'effitsiyentini oshib ketishi va kamayib ketish holatlari elektr motorlarning aynan qaysi elektr parametrlariga bog'liq ekanini formulalar yordamida asoslab berilgan. Ishlab chiqilgan mazkur usulni ishlab chiqarish amaliyotiga joriy qilishdan asosiy maqsad, elektr motorlarning ishlash davrida ularning o'ta yuklama rejimiga o'tib qolishini oldini olish orqali ularning ta'mirlashsiz normal ishlash vaqtlarini uzaytirish, texnologik jarayonning uzliksizligini ta'minlash hamda elektr motorning texnik - iqtisodiy qismlariga sarflanadigan xarajatlarni kamaytirishdir.

**Tayanch iboralar:** elektr motor, o'ta yuklama, ishonchlilik, texnologik, jarayon, mexanik, elektr ko'rsatkich, aktiv, induktiv, kritik, sirpanish, salt, generator, oqim, mutanosib, texnologik qurilma, stator, rotor, chulg'am, quvvat isrofi, iste'molchi, yurgizish momenti, izolyatsiya, parabolik, turg'un, vektor, elektromagnit, statik, dinamik, avariya, modellashtirish, nosimetriya, faza uzilishi, ko'effitsiyent.

Сегодня электродвигатели являются одними из крупнейших потребителей электроэнергии, производимой электростанциями. В то же время при доставке и распределении электроэнергии, производимой электростанциями, потребителям в сетях возникает ряд проблем (обрывы фаз, изменение коэффициента несимметрии напряжения), возникшие проблемы отрицательно влияют на работу электросетей. электродвигатели в режиме нагрузки. То есть электродвигатели, работающие в режиме нагрузки, перейдут в режим перегрузки. Этот режим является причиной многих аварий в рабочих процессах электродвигателей. Поэтому одной из актуальных задач современности является изучение и анализ факторов, вызывающих переходы электродвигателей в режимы перегрузки в процессе их эксплуатации, их предотвращение и устранение. Поэтому в данной статье в качестве решения вышеперечисленных проблем разработан метод увеличения ресурса двигателя и их надежности, основанный на снижении коэффициента перегрузки электродвигателей. Отличие предложенного в статье метода от других существующих методов состоит в том, что четко изложены причины перехода электродвигателей в режимы перегрузки, а случаи превышения и снижения коэффициента перегрузки электродвигателей основаны на том, на каких электрических параметрах электродвигателей зависят от формул. Основной целью внедрения разработанного способа в производственную практику является предотвращение перехода электродвигателей в режим перегрузки в процессе их эксплуатации, продление срока их нормальной работы без ремонта, обеспечение непрерывности технологического процесса, повышение технико-экономических показателей. Эффективность электродвигателя заключается в снижении стоимости деталей.

**Ключевые слова:** синхронный двигатель, цикл, диагностика, прогноз, механический индикатор, электрический индикатор, электро-технологическое устройство, катушка статора, мощность рассеивания, средства измерения, оценка, изоляция катушки, элемент, режим, емкостной ток утечки, авария, моделирование, алгоритм, экспериментальный, остаточный ресурс.

Ishlab chiqarish korxonalarida mashina va mexanizmlarni harakatlantiruvchi har qanday elektr motorlarning, shu jumladan asinxron hamda sinxron motorlarning ishlashiga baho berilayotganda hisobga olinadigan eng muhim ko'rsatkichlaridan biri bu ununig mexanik xususiyatlaridir.

Elektr motorlarning asosiy mexanik xususiyatlaridan biri uning rotorini aylantiruvchi momentdir (M) [1].

Turli mashina va mexanizmlarga elektr motor tanlashda ularning aylantiruvchi momentiga e'tibor beriladi. Aylantiruvchi momentning

ahamiyatligi shundaki, yuklama momenti o'zgarsa ham aylanish tezligining o'zgarishsizligidir [1]. Shu sababli, elektr motorlarning aylantiruvchi momenti ularning muhim parametri hisoblanadi. Elektr motorlarning aylantiruvchi momenti quyidagicha aniqlanadi.

$$M = \frac{P_e}{\omega_{1m}} \quad (1)$$

bu yerda,  $P_{em}$  – elektr motor quvvati;  
 $\omega_{1m}$  – aylanma magnit maydonining burchak tezligi.

Elektr motorlarning aylanma magnit maydonining burchak tezligi motorning juft qutblar soniga teskari proporsional, shu sababli juft qutblar soni qancha ko'p bo'lsa, burchak tezlikning qiymati shuncha kichik bo'ladi [1]:

$$\omega_{1m} = \frac{2\pi f_1 60}{60 p} = \frac{\omega_{1e}}{p} = \frac{2\pi f}{p} \quad (2)$$

Mashina va mexanizmlarni harakatga keltirishda, aylantiruvchi moment asosan quyidagicha turlarga bo'linadi:

- yurgizish momenti  $M_{yu}$ ;
- statik moment  $M_s$ ;

Elektr motorlarning yurgizish momenti  $M_y$  quyidagicha aniqlanadi.

$$M_{yu} = \frac{m_1 p U_1^2 R_2'}{2\pi f_1 [(R_1 + R_2')^2 + (x_1 + x_2')^2]} \quad (3)$$

Bu ifodada,  $m_1$  - stator cho'lg'am o'ramlar soni;

$U_1$  - stator cho'lg'amining faza kuchlanishi;

$R_1, R_2'$  - stator va rotor cho'lg'amlarining aktiv hamda  $x_1, x_2'$  - induktiv qarshiliklari hisoblanadi.

Elektr motorlarning yurgizish momenti  $M_{yu}$ , motorning boshlang'ich ishga tushish vaqtidan boshlab yuzaga keladi, bunda rotor aylanish tezligi  $n_2=0$  va stator hamda rotor orasida paydo bo'ladigan sirpanish  $s=1$  bo'ladi.

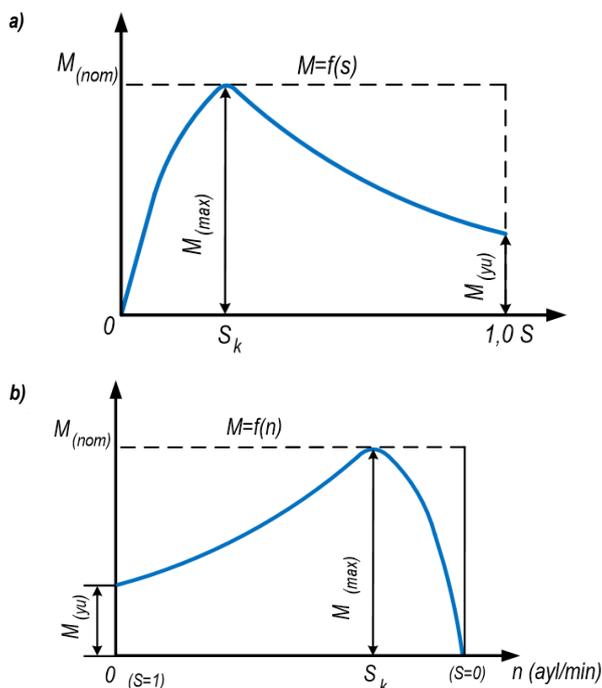
Yurgizish momentining qiymati kattalashgan sari,  $n_2$  ning qiymati ham kattalashadi, s ning qiymati esa, kamayadi.

Elektr motorlarning ishga tushish vaqtida, uning ishga tushishiga qarshilik qiluvchi moment paydo bo'ladi, bu moment teskari ta'sir qiluvchi ya'ni tormozlovchi moment hisoblanadi.

Bu mexanizimning statik momenti  $M_{st}$  deyiladi. Motorlarning static momenti quyidagicha aniqlanadi.

$$M_{st} = M_0 + M \quad (4)$$

Bu yerda  $M_0$  - motorning va mexanizimning ishqalanish, ya'ni salt ishlash momenti;  $M_{yuk}$  - yuklama bilan ishlash momenti hisoblanadi. Elektr motorning yurgizish momenti  $M_y$ , statik momentdan  $M_{st}$  katta



**1-rasm. Sirpanish kamayganda elektr motorning aylantiruvchi momenti:**  
 a - elektr motorning sirpanish bo'yicha qurilgan mexanik xarakteristikasi;  
 b - elektr motorning rotor aylanish tezligi bo'yicha qurilgan mexanik xarakteristikasi

bo'lsa, rotor aylana boshlaydi va aylantiruvchi moment statik momentga tenglashguncha rotorning aylanish chastotasi orta boradi.  $M=M_{st}$  bo'lganda motor bir xil tezlik bilan turg'un ishlay boshlaydi. Elektr motorning tezligi ortgani sari uning sirpanishi kamayib boradi [2, 3, 4]. Sirpanish kamaygan sari aylantiruvchi moment kattalashadi.

Sirpanish biror qiymatgacha kamayganda elektr motorning aylantiruvchi momenti maksimal qiymatga ( $M_{max}$ ) erishadi (1a, b-rasm).

Sirpanishning bu qiymati kritik sirpanish deyiladi va  $s_k$  bilan belgilanadi. Sirpanish yanada kamayganda motorning aylantiruvchi momenti ( $M$ ) ham kamaya boshlaydi.

Elektr motor salt ishlaganda uning aylantiruvchi momenti  $M_0$  gacha, yuklama bilan ishlaganda  $M_{st}$  gacha kamayadi.

Momentlar tenglashganda motor bir xil tezlikda ishlay boshlaydi. Agar elektr motor nominal yuklama bilan ishlasa, uning sirpanishi ham nominal qiymatga erishadi.

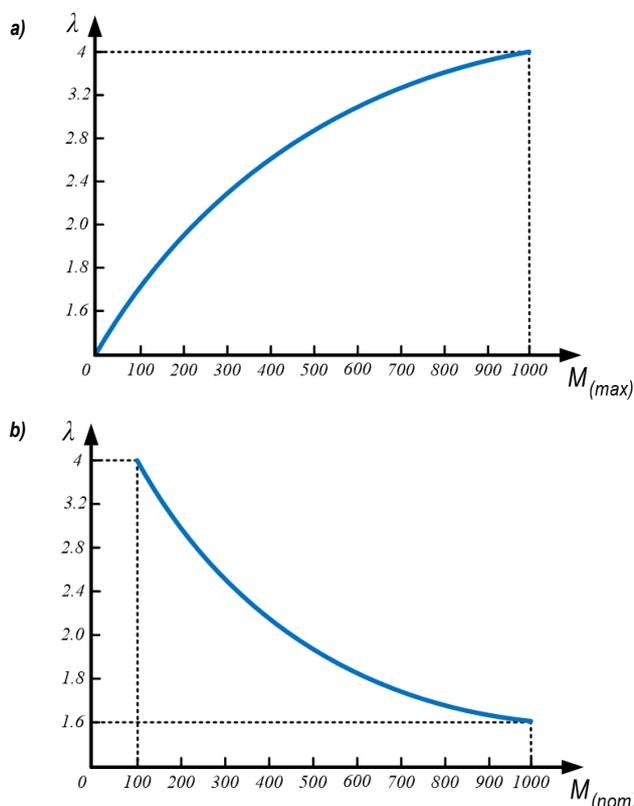
1a-rasm dan ko'rishimiz mumkin, agar elektr motorning sirpanishi  $s=0$  bo'lsa, motorning aylantiruvchi momenti ham nolga teng bo'ladi. Aylantiruvchi momentning maksimal qiymatini aniqlash uchun oldin kritik sirpanish qiymatini aniqlash lozim. Buning uchun aylantiruvchi momentning sirpanish bo'yicha uning birinchi hosilasi olinadi va nolga tenglashtiriladi, ya'ni:

$$\frac{dM}{ds} = 0 \quad (5)$$

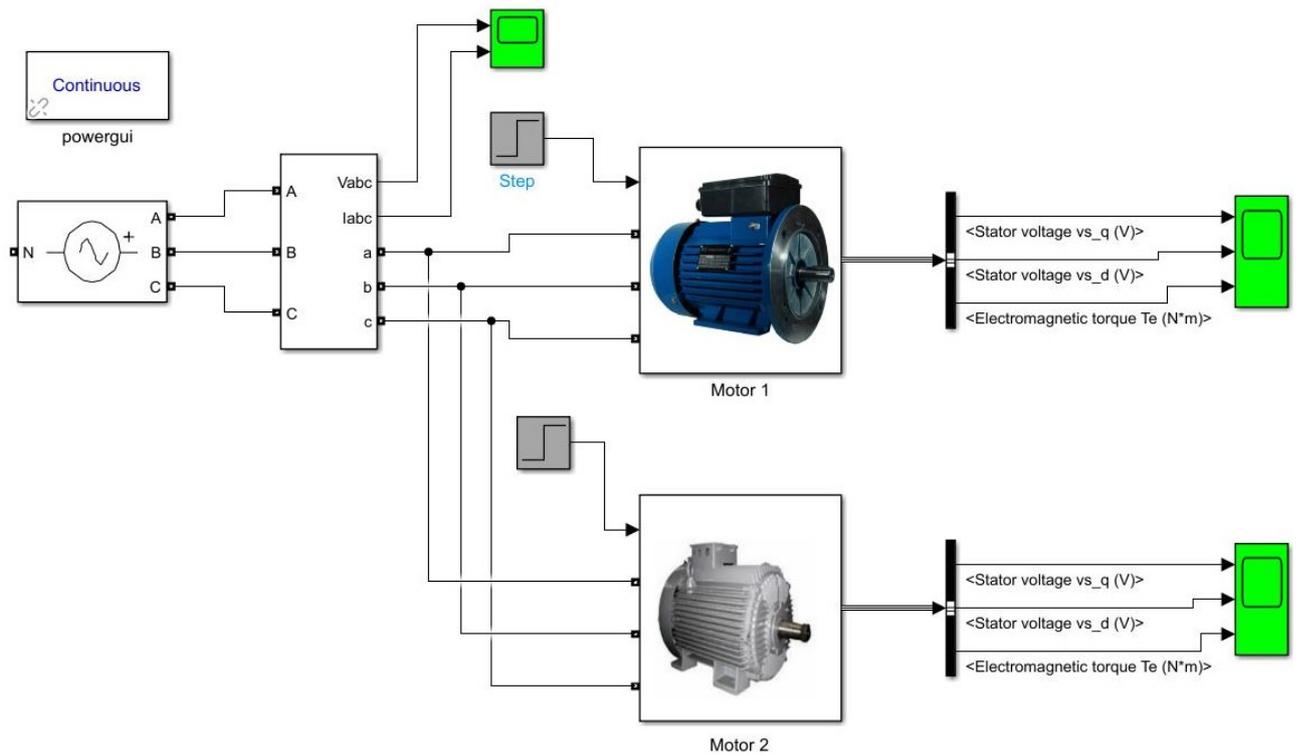
bunda,  $M$  quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \frac{m_1 p U_1^2 R_2' / s}{2\pi f_1 [(R_1 + R_2' / s)^2 + (x_1 + x_2')^2]} \quad (6)$$

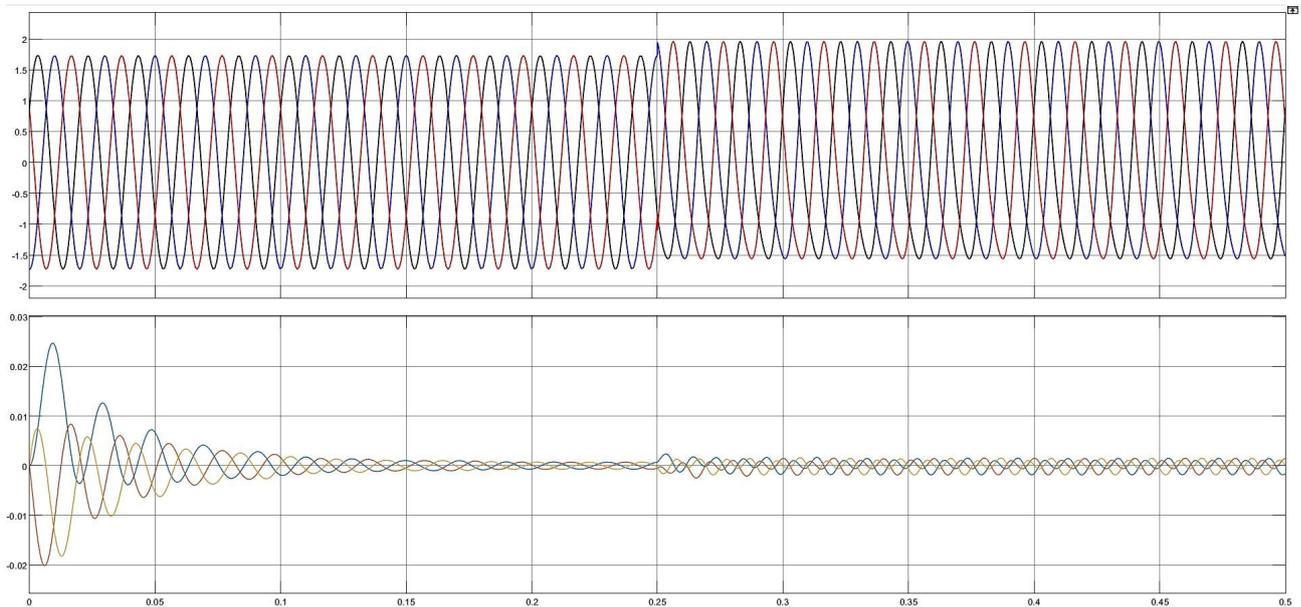
(5) formuladagi aylantiruvchi moment  $M$  o'rniga (6) ifodani qo'yib, differensiallanadi va  $s_k$  quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



**2-rasm. Motorning o'ta yuklama qiymati uning maksimal momentiga proporsionalligi:**  
 a - yuklanish koeffitsientini maksimal momentga bog'liqligi;  
 b - yuklanish koeffitsientini nominal momentga bog'liqligi



3-rasm. Elektr motorning Matlab/Simulink muhitda visual sxemasi



4-rasm. Ikkinchi elektr motorning iste'mol qiladigan tok va kuchlanishlarining o'zgarish grafigi

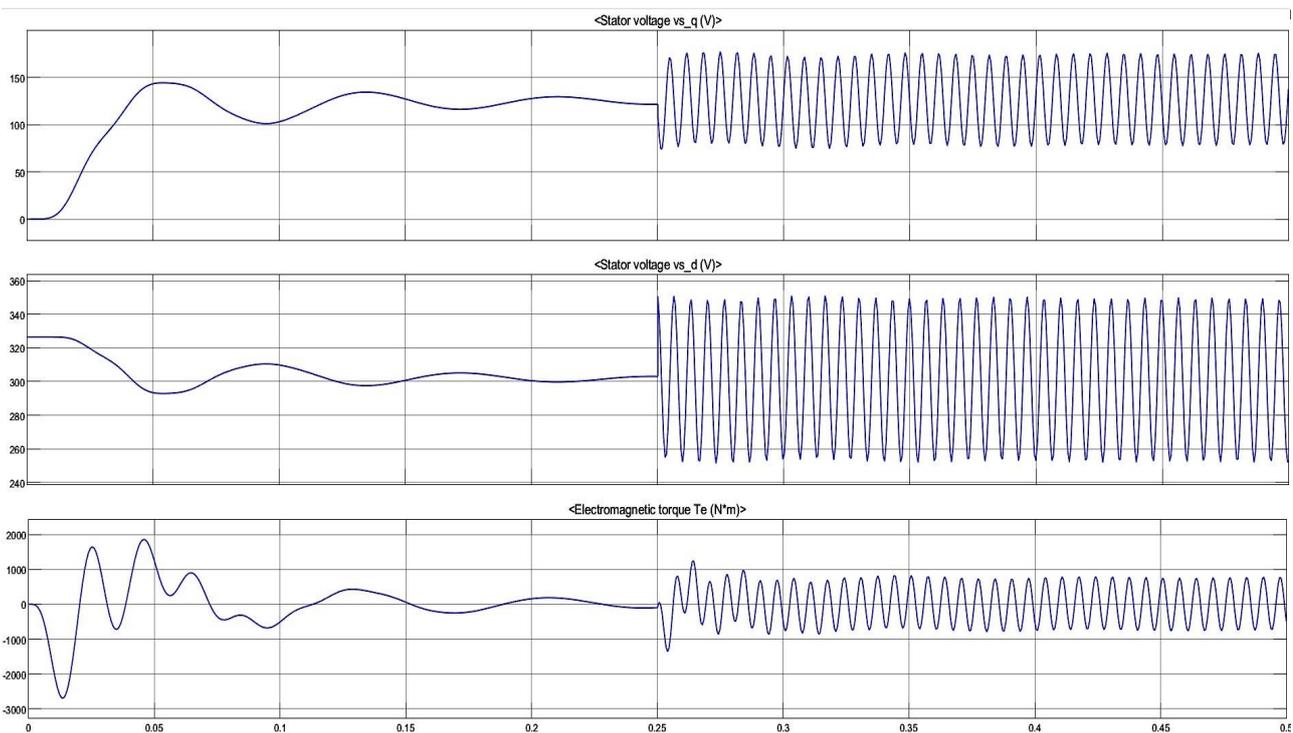
$$S_k = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad (7) \text{ maksimal qiymati quyidagicha aniqlanadi:}$$

Demak, elektr motorning yurgizish momenti faqat rotor chulg'aming aktiv qarshiligi mashinaning to'la induktiv qarshiligiga teng bo'lganida maksimal qiymatiga erishar ekan.

Elektr motorning to'la induktiv qarshiligi qancha katta bo'lsa, uning yurgizish momenti shuncha kichkina bo'ladi. (7) formuladagi ifodani (6) formuladagi sirpanishning s o'rniga qo'yib, aylantiruvchi momentning

$$M_{\max} = \frac{m_1 p U_1^2}{2\pi f_1 (R_1 + x_1 + x_2')} \quad (8)$$

Elektr motrlarning ishlash jarayonida motoring elektromagnit momentning maksimal momentga teng bo'lishi uning turg'un ishlash xususiyatini chegaralaydi. Motor turg'un ishlashi uchun, uning nominal momenti maksimal momentdan doimo kichkina bo'lishi lozim.



5-rasm. Ikkinchi elektr motorning d va q o'qlar bo'yicha kuchlanishlari hamda aylantiruvchi momentning o'zgarish grafigi (a, b, v)

Bunda elektr motor faqat normal yuklamada emas, balki yuklama ma'lum darajada kamayganda yoki ko'payganda ishlayveradi ya'ni elektr motor o'ta yuklama bilan ishlash xususiyatiga ega bo'lishi kerak [5, 6, 7].

Maksimal momentning nominal momentga nisbati elektr motorning o'ta yuklama bilan ishlash xususiyati deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{M_{max}}{M_n} \quad (9)$$

ushbu (9) formulada  $M_{max}$  – elektr motorning maksimal momenti hisoblanadi;

$M_n$  – elektr motorning nominal momenti.

Elektr motorlarning o'ta yuklama  $\lambda$  qiymati, motorning normal ish rejimida ishlashini hamda ishdagi ishonchligini belgilaydi.

Motorning o'ta yuklama qiymati, uning maksimal momentiga to'g'ri hamda nominal momentiga teskari proporsionaldir [8].

Bunda maksimal momentning qiymati o'shsha, o'ta yuklama qiymat ham mos ravishda oshadi, kamaysa unga mos ravishda kamayadi (2, a-rasm).

Motorning nominal moment qiymati qancha katta bo'lsa, uning o'ta yuklama qiymati shuncha kamayadi yoki aksincha, nominal moment qiymati qancha kichik bo'lsa, o'ta yuklama qiymati shuncha katta bo'ladi (2, b-rasm).

Demak, elektr motorlarning yuklanish koeffitsientining o'zgarishi uning maksimal va nominal moment qiymatlariga bog'liq ekan.

Elektr motorlarning aylantiruvchi momentlari tarmoq kuchlanishining kvadratiga to'g'ri proporsionalligini (8) formulada ko'rishimiz mumkin. Shu sababli, tarmoq kuchlanish qiymatining har qanday o'zgarishi motorning boshlang'ich va maksimal momentlarini o'zgartiradi.

Elektr motorlarning ishlashida tarmoq kuchlanishining o'zgarishi, bir faza uzilganda, tarmoqqa me'yordan ortiq iste'molchi ulanganda hamda shu tarmoqdagi katta quvvatli iste'molchilarni ishga tushirish vaqtida sodir bo'ladi [9, 10].

Elektr motorlarning yuklanish koeffitsientini kamaytirish uchun uning tarmoq kuchlanishini stabil holda saqlab turish maqsadga muvofiqdir. Buning uchun yuqorida keltirib o'tilgan tarmoq kuchlanishini o'zgarishiga

sababchi bo'lgan omillarni erta aniqlab bartaraf etish lozim [11, 12]. Elektr motorlarning iste'mol qiladigan tok va kuchlanishlarini o'zgarishiga ta'sir qiladigan omillardan biri bitta tarmoqqa har xil quvvatli elektr motorlarni har xil vaqtda ishga tushirishdir [13, 14].

Biz bir nechta har xil quvvatli elektr motorlarni bir vaqtda ishga tushirishda sodir bo'ladigan avariylarni quyida quvvati 160 va 100 kVt bo'lgan elektr motorlarning vizual elektron sxemasi Matlab/Simulink dasturi orqali yaratilib, eksperimental tadqiqot o'tkazdek (3-rasm).

Bunda quvvati 100 kVt bo'lgan motor 2 birinchi ishga tushirilib, o'zining normal ish rejimiga chiqib olgandan keyin, ikkinchi, quvvati 160 kVt bo'lgan motor 1 ishga tushiriladi. 1 – motor ishga tushirilish vaqtida ikkinchi motorning iste'mol qiladigan tok va tarmoq kuchlanishi keskin o'zgaradi (4a, b-rasm). Shunga mos holda elektr motorning aylantiruvchi momenti ham o'zgaradi (5-rasm).

4a, b-rasmlardagi grafiklaridan ko'rinib turibdiki, birinchi motorning ishga tushirilishi 0,25 soatga to'g'ri keladi va shu vaqtdan boshlab motorning elektr ko'rsatkichlari o'zgaradi.

5v-rasmida elektr motorning aylantiruvchi momenti ham 0,25 soatdan keyin, ya'ni ikkinchi motor ishga tushirilish vaqtidan boshlab o'zgarishini ko'rish mumkin.

Demak, biz xulosa qilib shuni aytishimiz mumkinki, eksperimental olingan tadqiqot natijalariga ko'ra, katta quvvatli elektr motorlarni umumiy tarmoqdan ta'minlab ishga tushirish ularning yuklanish koeffitsientlarini oshib ketishiga sababchi bo'lgan asosiy omil hisoblanar ekan. Shunday ekan, elektr motorlarning o'ta yuklanish koeffitsientini kamaytirish uchun ularni umumiy elektr tarmog'idan ta'minlab ishga tushirish mumkin emasligi tadqiqot natijalarida o'z isbotini topdi.

Elektr motorlarni ishga tushirishda alohida – alohida tarmoqlardan foydalanish, ularning elektr parametrlarini doimiy ravishda monitoring qilib, sodir bo'ladigan avariylarni vaqtida bartaraf etish, yuklanish koeffitsientini kamaytirish imkonini beradi.

Natijada, elektr motorlarning ta'mirlashsiz ish vaqtlarini uzaytirish, ishda ishonchligini ta'minlash, texnik iqtisodiy sarf-xarajatlarni va samarasiz sarflanadigan elektr energiyani kamaytirish hamda resurslarni tejashga erishiladi.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Ibrohimov U. *Elektr mashinalari // Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. 2-qayta nashr.* – Toshkent: «O'qituvchi», 1988. – 372 bet.
2. Веников В.А. *Переходные электромеханические процессы в энергетических системах.* – М.: Высшая школа, 1978. – 415 с.
3. Галушко В.Н. *Электрические машины. учеб. метод. пособие для самостоятельной проработки курса. М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.* – Гомель, БелГУТ, 2015. – 117 с.
4. Бабурин С.В., Жуковский В.Л., Коржев А.А., Кривенко А.В. *Современные методы неразрушающего контроля и диагностики технического состояния электроприводов горных машин // Горное оборудование и электромеханика.* – № 9. – М.: Новые технологии, 2009. – С. 34-38.
5. Turdibekov K.X., Sulliev A.X., Iskandarova O.S., Boboqulov J.S. *Experimental and statistical methods for studying the modes of electric power systems under conditions of uncertainty // «E3S Web of Conferences».* № 1. – Vol. 452, EDP Sciences, 2023, pp. 1-6.
6. Narzullayev B.Sh. *Asinxron motorlarning energo-mexanik ko'rsatkichlarini monitoring asosida texnik holatini diagnostika qilishi // Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi.* – Toshkent, 2022. 52-61 betlar.
7. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.Sh., Murodov H.Sh. *Models and methods of optimization of electricity consumption control in industrial enterprises // Физический журнал.* № 1. Том. 1679. – Красноярск, Россия: «Прикладная физика», 2020. – С. 1-6. doi:10.1088/1742-6596/1679/2/022074.
8. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.Sh. *Diagnostics of the Technical Condition of Energy Devices based on the Monitoring of Phase Voltages and Currents // Journal of Pharmaceutical Negative Results.* – 2022, pp. 2455-2460. doi:10.47750/2022.13.S08.306.
9. Narzullayev B.Sh., Tuykulov M.I. *Analyzing of energy efficiency by installing solar panels on residential buildings and state institutions // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences.* – № 9. – Т.: «Oriental Renaissance», 2023, pp. 54-60.
10. Qarshibayev A.I., Narzullayev B.Sh. *Tog'-kon sanoati korxonalarida energiya iste'molini boshqarish va operativ rejalashtirish darajasini oshirish // Konmetallurgiya majmuasini innovatsion rivojlantirish istiqbollari mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari.* – Navoiy, 22-23 noyabr 2018. 439-440 betlar.
11. Boboqulov J.S., Narzullayev B.Sh., Mingboyev U.T. *Sinxron generator stator cho'lg'amida xosil bo'layotgan kuchlanishni hisoblash dasturi // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi quvohnomasi. DGU 23696.* – Toshkent, 2023.
12. Qarshibayev A.I., Suyarov O.T., Narzullayev B.Sh., Rasulova B.I. *Sanoat korxonalarining energiya iste'moli samaradorligini baholash // Energiya va resurslarni tejash muammolari.* – Toshkent, 2019. 365-369 betlar.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
БЕЗУГОН ЖАМОН ВА МЕЛЛОТОН

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ФАКТОР РОСТА ПРОИЗВОДСТВА



Салиев Х.А.,  
начальник

Центра информационно-коммуникационных технологий УИКТ ЦРУ АО «НГМК», к.т.н.

*Maqolada sun'iy intellekt texnologiyasini tog'-kon-metallurgiya sanoatining ishlab chiqarish jarayonlariga tatbiq etish, O'zbekistonda sun'iy intellektni rivojlantirish chora-tadbirlari, NKMK AJda SI sohasida amalga oshirilayotgan loyihalar, shuningdek, sun'iy intellektni ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etishga to'sqinlik qiluvchi omillar muhokama qilinadi.*

**Tayanch iboralar:** sun'iy intellekt, kompyuterli ko'rish qobiliyati, sensorlar, raqamli datchiklar, Face-ID, neyron tarmoq, raqamli monitoring tizimlari, yagona vaziyatlar markazi, dashboard, prediktiv tahlil, raqamlashtirish.

*В статье рассматриваются вопросы внедрения технологии искусственного интеллекта в производственные процессы добычной и металлургической промышленности, меры по развитию ИИ в Узбекистане, реализуемые проекты в сфере ИИ в АО «НГМК», а также факторы, сдерживающие внедрение ИИ в производство.*

**Опорные слова:** искусственный интеллект, компьютерное зрение, сенсоры, цифровые датчики, Face-ID, нейросеть, системы цифрового мониторинга, единый ситуационный центр, дашборд, предикативный анализ, цифровизация.

Искусственный интеллект (ИИ), на сегодняшний день, является прорывной технологией, имеющей огромный потенциал. Активное внедрение искусственного интеллекта в производстве, в сферах финансов, логистики, безопасности труда и прочих отраслях позволяет значительно сократить объемы ручного труда, повышает эффективность и конкурентоспособность предприятия и развивает отраслевые рынки, стимулирует создание новых технологий, увеличивает качество продукции и объем производства в целом. Все это, в конечном счете, достаточно положительно отражается на темпе роста ВВП и формирует дополнительные импульсы для развития страны.

Искусственный интеллект – это наука и технология создания интеллектуальных машин и компьютерных программ, которые позволяют имитировать определенные функции человека (зрение, речь, мышление и пр.) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их. Технология интеллектуальных систем основывается на IT-инфраструктуре, программном обеспечении, на процессах и сервисах по обработке больших объемов данных и поиску решений. Таким образом, ИИ может включать технологии компьютерного зрения, обработки, распознавания и синтеза речи, сбора, хранения, обработки и анализа больших данных, а также технологии автоматизации бизнес-процессов, которая основана на применении программных роботов.

Опубликованные результаты исследования, проведенный британским исследовательским и аналитическим центром, который специализируется в области стратегического прогнозирования, экономических исследований и отраслевого анализа стран - компании The Economist Intelligence Unit, свидетельствуют о том, что в пользу искусственного интеллекта убеждены 94% руководителей предприятий и компаний [1]. Кроме того, западные исследователи из некоммерческой профессиональной ассоциации Института инженеров электротехники и электроники (IEEE) заявили, что искусственный интеллект станет самой важной технологией в 2024 году. А британский словарь английского языка Collins English Dictionary

выбрал AI (artificial intelligence — «искусственный интеллект») словом 2023 года.

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта, появления доступной инфраструктуры, а также формирования спроса на инновации сопровождается существенным ростом как государственных, так и частных инвестиций в их развитие и разработку прикладных технологических решений на основе искусственного интеллекта. Так, согласно исследованиям Стэнфордского университета в 2022 году мировой рынок искусственного интеллекта оценивался в 136,5 млрд.долларов, при этом глобальные частные инвестиции в искусственный интеллект составили 91,9 млрд.долларов. Ожидается, что внедрение искусственного интеллекта может ускорить рост производительности труда на 1,5% в год в течение 10-летнего периода и увеличить мировой ВВП на 7% [2].

ИИ имеет три основных преимущества перед современными технологиями:

- исключение влияния человеческого фактора и непредвзятость принятия решений;
- высокая скорость обработки большого массива информации;
- непрерывная - 24/7 работоспособность.

Поэтому при всех капиталовложениях в разработку и внедрение искусственного интеллекта необходимо предполагать сокращение затрат в перспективе, в том числе за счёт снижения издержек на компенсацию последствий человеческих ошибок.

По данным опросов от консалтинговой фирмы в сфере информационных технологий AND Digital 43 % респондентов из числа менеджеров согласны с тем, что искусственный интеллект может взять на себя их работу. Еще 45 % признались, что уже принимают важные управленческие решения, прибегая к консультациям с нейросетью ChatGPT. Остается последний шаг – заменить топ-менеджеров и наемный управляющий персонал на искусственный интеллект.

К аналогичному результату пришли и руководство лаборатории компьютерных наук и искусственного интеллекта Массачусетского технологического института. По их оценке, сегодня 80 % работы топ-менеджмента можно смело поручить ИИ. Роботы не смогут заме-

нить аварийный персонал, руководителей низшего звена или диспетчерскую службу, потому что те нередко сами выезжают на место, придумывают нестандартные решения неожиданных задач, принимают решения, исходя из личного опыта и сложившейся ситуации. Но работу руководителей высшего звена легко моделировать, так как используемое ими мышление очень шаблонно как в шахматах или компьютерной стратегии.

Трудно найти сферу деятельности, в которой не было бы примеров внедрения систем ИИ. Хотя работы по созданию ИИ ведутся достаточно давно, именно сейчас, благодаря дешевизне и доступности информационных хранилищ, вычислительных мощностей, сенсоров, цифровых датчиков и других инноваций, можно говорить о переходе от экспериментального периода развития к масштабному промышленному освоению.

В Узбекистане агентство We Digital запустило лабораторию AI. Разработанный ими сервис позволяет интегрировать искусственный интеллект в создание аудио-, видеоконтента и текстов для эффективного решения задач в сфере маркетинга и креатива. Одним из её проектов стал чат-бот Uzbek Expert, разработанный на базе ChatGPT. Уникальность данного бота прежде всего в том, что он предназначен для контент-креаторов, работающих с узбекским языком [3].

Министерство цифровых технологий Республики Узбекистан, АК «АлоқаBank» и Национальный банк внешнеэкономической деятельности Узбекистана ведут работу с одной из российских компаний по внедрению технологий ИИ в банковской сфере, в частности, голосовой биометрии, которая позволит оказывать клиентам банков дистанционные услуги через колл-центры на основе биометрической идентификации (Face-ID). ИИ планируется использовать для анализа кредитных рисков и качества банковских услуг [4].

Кроме того, ИИ может быть задействован в вопросах автоматизации рутинных процессов: сбора данных, их обработки и распространения, а также в подготовке шаблонных отчётов и аналитических моделей за счёт исследования поведения клиентов, бизнес-результатов, состояния оборудования или информации по складским остаткам. Это и предикативный анализ, благодаря которому можно оценивать уровень износа оборудования и своевременно организовывать планово-предупредительные ремонты и устранять неполадки, и машинное зрение, с помощью которого можно отсеивать брак, верифицировать готовую продукцию, а также повышать уровень безопасности на предприятии.

Современные технологии на основе компьютерного зрения и нейросетей позволяют вывести процессы в горнодобывающей отрасли на новый уровень, что, в свою очередь, повышает эффективность и безопасность добычи и переработки полезных ископаемых. Так, анализ гранулометрического состава горных пород - это один из ключевых факторов, от которого зависит эффективность буровзрывных работ и традиционные методы анализа, как ситовой и фотопланиметрический, имеют ряд существенных недостатков. Применение технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта для решения задачи автоматизации мониторинга гранулометрического состава руды в режиме реального времени при высокой скорости движения анализируемого объекта является одной из приоритетных задач горнодобывающих предприятий.

Применение искусственного интеллекта в геологоразведке открывает новые горизонты для отрасли, сокращая затраты и повышая эффективность процессов. Это позволяет обеспечивать потребность в энергии и сырье более устойчиво и экологически безопасно. Теперь можно быстро и точно определить местоположение различных геологических объектов, таких как рудные и нефтегазовые месторождения, подземные воды и т.д. ИИ может быть использован для определения оптимальных мест для бурения скважин. Алгоритмы могут учитывать различные факторы, такие как геологическая структура земли, наличие полезных ископаемых и опреде-

лять наиболее эффективные места для бурения скважин.

Наиболее востребованными трендами внедрения информационных технологий в добычной отрасли являются: создание систем искусственного интеллекта; распространение технологии интернета вещей, которая позволяет организовать взаимодействие объектов друг с другом и окружающей средой без участия человека; использование беспилотных летательных аппаратов, автомобилей и других видов транспорта; разработка автоматизированных систем оценки качества сырья и продукции на всех стадиях производства; внедрение систем позиционирования персонала и техники для обеспечения безопасности и оптимизации производственных процессов и пр. [5].

В настоящее время имеется возможность связать в единую систему решения автоматизации технологических, проектных, финансовых и бизнес-процессов в рамках одного производства. Это может быть достигнуто путём использования интеграционных платформ или сервисов, которые позволяют объединять различные приложения и системы. Такие платформы предоставляют инструменты для создания интерфейсов между различными ИТ-продуктами, обмена данными и управления процессами. Важно выбрать подходящую платформу, которая будет соответствовать требованиям конкретного производства и обеспечит его эффективную работу. В частности, к ним относят системы класса MES (от англ. manufacturing execution system – система управления производством) – программное обеспечение, специально разработанное для повышения эффективности планирования и управления производством, предназначенная для синхронизации, анализа, и оптимизации производственных процессов, ERP (англ. enterprise resource planning, планирование ресурсов предприятия) специализированный интегрированный пакет прикладного программного обеспечения, обеспечивающий общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности предприятия) и EAM (англ. enterprise asset management, управление активами предприятия) прикладное программное обеспечение управления основными фондами предприятия в рамках стратегии EAM. Данные системы обеспечивают сквозное управление предприятием, производством и ключевыми активами. Это особенно важно для крупных организаций, где сокращение времени на поиск и анализ информации увеличивает эффективность оборудования и позволяет избежать дополнительных инвестиций в производство [6].

Системы цифрового мониторинга помогают собирать данные о работе всех подразделений компании, анализировать их и на основе полученной информации принимать управленческие решения. Благодаря их применению можно повысить эффективность работы предприятия за счёт улучшения контроля за выполнением задач и процессов, сокращения времени на поиск необходимой информации, оптимизации бизнес-процессов, повышения качества продукции или услуг, снижения затрат на производство. Кроме того, использование таких систем помогает улучшить взаимодействие между различными подразделениями компании, что также способствует повышению эффективности её работы. Благодаря сокращению скорости обработки и получения информации с производства, решения спорных ситуаций и принятия решений уменьшаются репутационные, товарные, кадровые, и ресурсные потери предприятия. В этом и заключается экономический эффект в первую очередь.

В Узбекистане проводится активная работа по внедрению технологий искусственного интеллекта в различные отрасли экономики. Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4996 от 17 февраля 2021г. «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта» создана правовая основа для ускоренного развития и внедрения технологий искусственного интеллекта, а также определены основные направления развития этих технологий в стране.

В соответствии со Стратегией «Цифровой Узбекистан — 2030» и в целях создания благоприятных условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта и их широкого применения в стране, обеспечения доступности и высокого качества цифровых данных, подготовки квалифицированных кадров в указанной сфере утверждена Программа мер по изучению и внедрению технологий искусственного интеллекта в 2021-2022 годах согласно которой определены основные приоритетные направления развития. Программой предусматривается разработка Стратегии развития искусственного интеллекта, определяющей базовые направления и принципы применения искусственного интеллекта, а также условия для комплексного формирования данной сферы в ближайшей и долгосрочной перспективе; выработка нормативно-правовой базы, определяющей единые требования, ответственность, безопасность и прозрачность при разработке и использовании технологий искусственного интеллекта в отраслях экономики и социальной сфере, системе государственного управления; создание отечественной экосистемы инновационных разработок в области искусственного интеллекта, стимулирующей проведение фундаментальных и прикладных научных исследований по разработке полезных технологических решений с последующей их коммерциализацией.

Кроме, этого отмечена необходимость создания условий для разработчиков программного обеспечения с применением технологий искусственного интеллекта в доступе к цифровым данным, а также обеспечение ускоренной оцифровки соответствующих данных государственных органов и организаций; формирование инвестиционной привлекательности научных работ и разработок в области искусственного интеллекта, в том числе для повышения конкурентоспособности товаров (работ, услуг) на внутреннем и внешнем рынках; развитие международного сотрудничества в области искусственного интеллекта и технологий его применения для проведения совместной международной исследовательской деятельности, подготовки кадров и повышения их квалификации, улучшения позиций республики в престижных рейтингах и индексах.

В целях организации и проведения фундаментальных и прикладных научных исследований, направленных на повсеместную реализацию Стратегии «Цифровой Узбекистан — 2030» и внедрение технологий искусственного интеллекта в отраслях экономики, социальной сфере и системе государственного управления, разработки инновационных продуктов по автоматизации управленческих и производственных процессов на основе технологий искусственного интеллекта, а также их моделей, алгоритмов и программного обеспечения, налаживания сотрудничества и реализации совместных проектов с ведущими зарубежными инновационными и научными учреждениями по развитию технологий искусственного интеллекта на основании Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан № 475 от 31 июля 2021 года образован Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и искусственного интеллекта при Министерстве по развитию информационных технологий и коммуникаций.

Для ускоренной и совместной реализации приоритетных проектов по внедрению технологий искусственного интеллекта в отраслях экономики и социальной сфере, системе государственного управления, оптимизации расходов на их разработку, распространения лучших практик в данной области среди государственных органов и организаций предложено создание Совместного альянса между Министерством по развитию информационных технологий и коммуникаций, Министерством инновационного развития, государственных органов, коммерческих банков и крупных промышленных предприятий.

С 2021/2022 учебного года поэтапно началась подготовка кадров по направлению «Искусственный интеллект» на грантовой основе, в некоторых высших образовательных учреждениях внедряются учебные курсы и предметы по прикладному применению тех-

нологий искусственного интеллекта в отраслях экономики, социальной сфере и системе государственного управления.

Благоприятными факторами развития технологий искусственного интеллекта в Узбекистане также являются современная базовая информационно-коммуникационная инфраструктура (высокий уровень доступа к сети Интернет, развитие сети радиотелефонной связи четвертого и пятого поколений) и доступность мобильной сети передачи данных.

Основатель израильской компании «Geotage» и генеральный менеджер проекта «GeoCloud.AI» Эмиль Губерман предложил реализовать проект информационной системы шахт «GeoCloud.AI», которая на основе искусственного интеллекта оцифровывает различные геолого-геофизические данные и визуальные материалы, собранные за многие годы в Узбекистане. Преимущества программы GeoCloud.AI заключаются в поиске, интерпретации и предложении наиболее эффективных решений для всех шахт Узбекистана.

На государственном уровне поставлена цель занять лидирующие позиции по внедрению ИИ-решений в реальный сектор экономики, достижение ее устойчивой конкурентоспособности, обеспечение роста благосостояния и качества жизни населения, обеспечение национальной безопасности и правопорядка. Согласно Указу Президента Республики Узбекистан от 24 мая 2023 года №УП-76 «О мерах по эффективной организации государственного управления в сфере цифровых технологий в рамках административных реформ» одним из приоритетных направлений деятельности Министерства цифровых технологий является внедрение цифровых технологий, реализация программ в сферах телекоммуникаций и почтовой связи, цифровой экономики и цифрового правительства, внедрение космических технологий и технологий искусственного интеллекта, осуществление, развитие и определение приоритетных направлений единой государственной политики в сфере цифровизации услуг и сервисов на основе принципов «государство-гражданин» и «государство-предприниматель».

В Акционерном обществе «Навойский горно-металлургический комбинат», как и во всех производственных предприятиях Узбекистана, одной из актуальных и важных проблем является уменьшение себестоимости продукции. При этом важно, чтобы качество продукции оставалось на том же уровне. И если еще несколько десятков лет назад данная проблема решалась заменой оборудования, большими финансовыми затратами, то в наше время решается она довольно эффективно и просто – с помощью интеллектуальных решений.

На производственных участках гидрометаллургических заводов внедряются интеллектуальные системы на базе современной комплексной автоматизированной системы управления, которая охватывает практически все технологические процессы. Эта система обеспечивает сквозное цифровое управление технологическими процессами на всех этапах и предоставляет объективные данные для оперативного реагирования на происходящие изменения, устраняя аварии, простои, износы, ремонт и повышая эффективность. В частности, внедрение интеллектуальной системы для усовершенствования технологии извлечения золота из упорных руд на Гидрометаллургическом заводе № 3 Северного рудоуправления АО «НГМК» повысило извлечение драгоценного металла за счет уменьшения влияния человеческого фактора на технологический процесс.

На Гидрометаллургическом заводе № 2 Центрального рудоуправления введены в эксплуатацию мельничные блоки №№ 29 - 32 с использованием цифровых технологий на базе современного программно-технического комплекса, которые позволили увеличить переработку золотосодержащей руды с 300 до 330 тонн в час. Организован автоматизированный централизованный контроль всех технологических процессов завода, что способствовало созданию на ГМЗ-2 единой интегрированной системы автоматизации.

В Центральном рудоуправлении АО «НГМК» запущен единый ситуационный центр (ЕСЦ) управления производством. Основная задача этого центра заключается в полном контроле, анализе и управлении процессами геологоразведки, добычи руды, транспортировки на гидрометаллургические заводы и их переработки. Так, для контроля диспетчерской службой рудоуправления предоставлены информационная система учета и контроля движения горюче-смазочных материалов, технологические схемы онлайн мониторинга Рудника «Мурунтау», гидрометаллургических заводов №2, №5 и №7, Объединенной энергослужбы внешнего водоснабжения, информационная система отображения состояния и прогнозирования парка технологического транспорта Центрального рудоуправления, а также система видеонаблюдения технологических процессов и производств. Разработаны информационные панели (дашборды) для управления большими объемами данных. ЕСЦ помогает повысить эффективность производства, позволяет быстро реагировать на проблемы по предотвращению простоев и минимизации потерь времени и ресурсов.

Неплохих успехов добиваются в Управлении информационно-коммуникационных технологий АО «НГМК» в части использования технологий машинного зрения. В настоящее время ими ведутся работы по внедрению единой информационной системы учета соблюдения требований охраны труда и промышленной безопасности с использованием системы интеллектуального видеонализа на базе технологического искусственного интеллекта. Данная система позволяет в автоматическом режиме выявлять нарушения техники безопасности на производстве, контролировать правильность технологических процессов, распознавать наличие штатных средств индивидуальной защиты на работниках, фиксировать соблюдение требований правил дорожного движения водителями, использования ими ремней безопасности, курения или разговоров по телефону во время движения транспортного средства и пр.

В настоящее время для реализации правил и процессов ОТ и ТБ в промышленности используется описательный подход на основе опыта и «аналитики случившегося». Благодаря распространению готовых решений в области искусственного интеллекта на производствах начнут гораздо активнее применять предиктивный (от англ. predictive – предсказательный) и даже прескриптивный (от англ. prescriptive – предписывающий) подходы к управлению рисками производственной безопасности.

Предиктивный анализ на базе искусственного интеллекта для заблаговременного прогнозирования развития производства является перспективным направлением, однако пока внедрение подобных систем сдерживается рядом факторов. В частности, не хватает качественных данных для обучения алгоритмов, а также компетентных специалистов по интеграции ИИ в действующую ИТ-инфраструктуру предприятий. При этом сами модели требуют регулярной корректировки. Для решения этих проблем необходимо выработать целенаправленную стратегию внедрения ИИ в произ-

водство, поскольку потенциальная отдача весьма существенна [7].

Сегодня многие компании готовы для внедрения искусственного интеллекта во всю цепочку производства продукции. Для этого предприятия и организации проводят пилотные проекты по внедрению решений на базе ИИ. Этот этап необходим, так как разработка высокотехнологичных систем процесс долгий и затратный. Более того, на рынке почти нет универсальных решений, которые подходят всем предприятиям, так как ИИ-система должна учитывать специфику деятельности конкретного производства.

Одним из ключевых факторов, сдерживающих внедрение процесса цифровизации на производстве связаны с нехваткой высококвалифицированных специалистов и возросшей конкуренции. Причины могут быть следующими:

*отсутствие цифровой культуры*, а именно понимания у сотрудников предприятия необходимость цифровой трансформации, не знание существующих на предприятии процессов и какой эффект может быть достигнут, какие есть современные технологии и как они могут помочь;

*отсутствие системы мотивации сотрудников компании*, вовлеченных в инновационную деятельность или слабое развитие научной деятельности на предприятии;

*перегруженность или совмещение у сотрудников основной деятельности с инновационной разработкой*, которая допускает право на ошибку и творческий процесс;

*потеря интереса к работе и решаемым задачам*, наличие усталости и жажда перемен;

*увольнение высококвалифицированных специалистов*, ввиду наличия на рынке труда более выгодных предложений от конкурирующих компаний.

Учитывая всё это, внедрить искусственный интеллект на производстве без соответствующей поддержки службами информационно-коммуникационных технологий и их опыта невозможно, разработка и внедрение сложных ИИ-систем требует не только знания особенностей алгоритмов обучения, но и реального практического опыта и особой квалификации в области ИИ, которая есть только у профильных IT-служб.

Государственная политика развития ИИ в промышленности предусматривает важные меры поддержки, включая субсидии и подготовку кадров. Однако ключевая роль в распространении передовых технологий по-прежнему остаётся за самими предприятиями. А для этого остро необходимо наращивание числа квалифицированных специалистов в области ИИ на местах и накопление больших данных путём расширения соответствующего обучения. Также необходимо обратить внимание на потенциал инженеров-технологов, хорошо знакомых с производственными процессами. Их переподготовка по программам анализа больших данных, основ машинного обучения и программирования, моделирования и внедрения искусственного интеллекта может дать значительный синергетический эффект.

#### Библиографический список:

1. Jessica Twentyman. *Intelligent economies: AI's transformation of industries and society*. The Economist Intelligence Unit, 2018, 19 p.
2. Daron Acemoglu, Simon Johnson. *Power and Progress. Our thousand-year struggle over technology and prosperity*. New York, PublicAffairs. 560 p.
3. Давронов Р.Р. Прогресс в обработке узбекского языка: комплексный подход к исправлению грамматических ошибок с использованием модели uzT5 // *Universum: технические науки* : <https://universum.com/ru/tech/archive/item/16418> электрон. научн. журн. 2023. 12(117).
4. Гулямов С.С., Шермухамедов А.Т., Хайитматов У.Т., Развитие и внедрение искусственного интеллекта в Узбекистане. *Журнал: Россия: тенденции и перспективы развития. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук»*. 2022. С. 420-422.
5. Салиев Х.А. Перспективы применения нейросетевого прогнозирования при ведении горных работ / *Материалы XI международной научно-практической конференции «Современные тенденции и инновации в науке и производстве»*, Междуреченск, Россия, 27-28 апреля 2022, С.140-1-140-5.
6. М.В. Рьльникова, Д.А. Клебанов, М.А. Макеев, М.В. Кадочников. *Применение искусственного интеллекта и перспективы развития аналитических систем больших данных в горной промышленности*. Горная Промышленность №3 / 2022 стр. 89-92.
7. О.В.Толстель. *Некоторые применения технологий искусственного интеллекта*. Вестник КГУ. 2005. Вып. 1—2. Сер. Информатика и телекоммуникации. С. 95—105.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ НА ОБЪЕКТАХ АО «НГМК»



**Санакулов К.,**  
председатель правления – генеральный директор АО «НГМК»,  
д.т.н., профессор



**Бакоев Х.Ю.,**  
начальник отдела охраны окружающей среды Департамента охраны труда, промышленной безопасности и экологии (ESG) АО «НГМК»



**Пулатов В.Б.,**  
начальник Управления автоматизации производства АО «НГМК»

*Ushbu maqolada atrof-muhitni muhofaza qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va sanitariya va ekologik vaziyatni yaxshilash sohasida amalga oshirilayotgan ishlar izchilligi tahlil qilindi. Ma'lumki, atmosfera havosini ifloslanishi va chiqindilar hajmini yanada oshirishning joriy darajasi atmosfera havosiga tashlanadigan chiqindilar manbalarini diversifikatsiyalash chora-tadbirlarini ishlab chiqish va amalga oshirishni talab etmoqda. Atrof-muhitga ifloslantiruvchi chiqindilarni chiqarish va tashlash manbalaridan chiqindilarni miqdorini tahlil qilish avtomatik tizimlari bilan jihozlashni ta'minlash yo'llari ko'rsatildi.*

**Tayanch iboralar:** atrof-muhit, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, sanitariya va ekologik vaziyatni yaxshilash, atmosfera havosi, tashlamalar miqdori, chiqindilar manbalarini diversifikatsiyalash, chiqindilarni gazlarni tahlil qilishning avtomatik tizimi, chindi gazlarni tashlash manbalari.

*В данной статье проанализирована последовательность работ проводимых в области обеспечения охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и улучшения санитарной и экологической обстановки. Как известно, текущий уровень загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего увеличения объемов выбросов требует разработки и реализации мероприятий по диверсификации источников выбросов. Показаны пути обеспечения оснащения автоматическими системами анализа выбросов в атмосферный воздух от источников выбросов и сбросов в окружающую среду.*

**Опорные слова:** окружающая среда, рациональное использование природных ресурсов, улучшение санитарной и экологической обстановки, атмосферный воздух, объем выбросов, диверсификация источников выбросов, автоматическая система анализа выбросов, источники выбросов и сбросов.

В ряде Указов Президента Республики Узбекистан и постановлений Кабинета министров определены приоритетных направлений государственной политики в области охраны окружающей среды, внедрения эффективных механизмов профилактики, выявления и пресечения нарушений природоохранного законодательства, усиления персональной ответственности руководителей государственных органов и хозяйствующих субъектов, граждан за санитарное и экологическое состояние населенных пунктов республики, а также обеспечения достижения Национальных целей и задач в области устойчивого развития Республики Узбекистан на период до 2030 года предусмотрено реализация эффективных мер по ведению комплексного мониторинга окружающей природной среды и формирование фонда информационных ресурсов [1-6].

Соблюдение экологической ответственности является неотъемлемой частью стратегии развития Акционерного общества «Навоийский горно-металлургический комбината». В рамках противодействия изменению климата и эффективного управления климатическими рисками в АО «НГМК» ведется работы над сокращением эмиссий парниковых газов, в частности над сокращением потребления энергии из не возобновляемых источников ведется работы по повышению энергоэффективности, а также внедряется использование альтернативных и возобновляемых источников энергии. А также эффективное совершенствование функционирования и углубление системы экологического менеджмента на основе международных стандартов, обеспечение оснащения автоматическими системами анализа выбросов в атмосферный воздух от

приоритетных стационарных (организованных) источников и сбросов в водные объекты от источников загрязнения хозяйствующих субъектов, относящихся к I категории воздействия на окружающую среду, внедрение современной информационной системы сбора данных результатов мониторинга производственных объектов АО «НГМК». Основными источниками загрязнения окружающей среды является горно-металлургическая производства. Учитывая вышеперечисленных проведение исследований последовательности работ проводимые в области обеспечения охраны окружающей среды, уровня загрязнения атмосферного воздуха, механизмов по разработке и реализации мероприятий по их диверсификации и обеспечение автоматической системой анализа выбросов является актуальной задачей экологии и аналитической химии [7-11].

*Полученные результаты и их обсуждения:* Изучены процессы работы автоматических систем контроля промышленных выбросов на источнике № 3 Цех фильтрации сушки и обжига ГМЗ-3, источниках №18 цех сорбции и регенерации ГМЗ-2, № 77 цех фильтрации сушки и обжига ГМЗ-5, №50 Электродуговой печи литейного цеха ПО НМЗ, № 108 участок ОПУ МЗИЦ ЮРУ и № 21 Магнитная фракция ГМЗ-1.

Автоматизированная система (CODEL GCЕМ4000 многоканальные газоанализаторы) мониторинга и контроля промышленных выбросов в атмосферный воздух, предназначена для непрерывного измерения массовых, или объемных концентраций загрязняющих веществ, расхода, температуры и влажности газозвудушных смесей, отводимых через стационарные организованные источники выбросов.

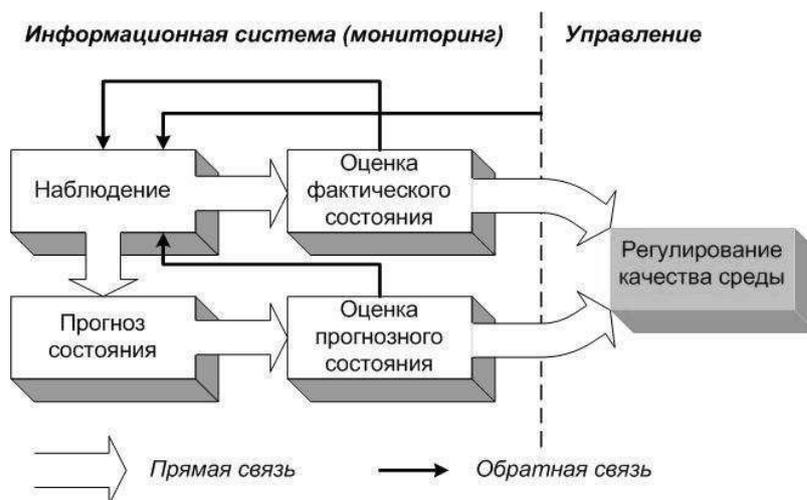


Рис. 1. Схематический вид контроля промышленных выбросов в атмосферный воздух

Таблица 1

Технические и метрологические характеристики газоанализаторов

Наименование характеристики	Значение характеристики						
	SO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	HCN	NO	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Измеряемые компоненты	-	-	-	-	-	-	От 0 до 25 об.д. %
Диапазон показаний	-	-	-	-	-	-	-
Диапазон измерений	от 0 до 6000 ppm		от 0 до 25 об. д. %	от 0 до 6000 ppm			-
Время отклика, не более	200 с						
Параметры электропитания	однофазная сеть переменного тока с номинальным напряжением 230 В, 50 Гц						
Температура забора пробы, не более	до 1300°C (В зависимости от спецификации)						
Диапазон температур окружающей среды при эксплуатации	от -20°C до +50°C						
Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254	IP66						
Аналоговый выход	4-20 мА						
Входы	1 вход 4-20 мА для ввода значений кислорода; 1 вход 4-20 мА для ввода значений температуры анализируемых газов; 1 вход 4-20 мА для ввода значений абсолютного давления анализируемых газов						

Принцип действия газоанализаторов основан на селективном поглощении инфракрасного излучения молекулами анализируемых газов, присутствующих в анализируемой пробе. Газоанализаторы многофункциональные серии GCEM4 (далее - газоанализаторы) предназначены для измерения концентрации CO – оксида углерода, CO<sub>2</sub> – диоксида углерода, HCL – хлорида водорода, CH<sub>4</sub> – метана, NO – оксида азота, NO<sub>2</sub> – диоксида азота, SO<sub>2</sub> – диоксида серы, а также показаний концентрации водяного пара в промышленных выбросах и дымовых газах топливо сжигающих установок. Схематический вид контроля промышленных выбросов в атмосферный воздух приведен на рис. 1.

Как видно из рис. 1. в задачи автоматизированной системы экологического мониторинга входит оперативная оценка экологической обстановки на контролируемой территории на основе данных измерений, актуальных данных о параметрах стационарных и залповых выбросов загрязняющих веществ и результатов математического моделирования процессов переноса загрязнений в окружающей среде.

Автоматизированная система (CODEL GCEM4000 многоканальные газоанализаторы) для контроля окружающей среды предназначена для автоматизированного сбора, обработки и передачи информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха на источниках выбросов. Система позволяет непрерывно получать ин-

формацию о концентрации примесей их параметрах на источниках производственных объектов. Технические возможности регистрации, передачи, хранения и обработки данных о загрязнении атмосферного воздуха позволяют разработать основные принципы функционирования автоматизированных систем наблюдения за состоянием атмосферного воздуха. В табл. 1. приведены технические и метрологические характеристики газоанализаторов

Как видно из результатов в табл. 1. технические и метрологические характеристики газоанализаторов позволяет определить – концентрации SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HCN, NO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O в автоматическом режиме.

Таким образом в ходе изучения современного состояния и перспектив развития системы автоматического контроля процессов очистки выбросов на объектах АО «НГМК» оценена возможность применения автоматизированной системы контроля на источниках № 3 цех фильтрации сушки и обжига ГМЗ-3, № 18 цех сорбции и регенерации ГМЗ-2, № 77 цех фильтрации сушки и обжига ГМЗ-5, № 50 Электродуговой печи литейного цеха ПО «НМЗ», №108 участок ОПУ МЗИЦ ЮРУ и № 21 Магнитная фракция ГМЗ-1. Данная система обеспечивает автоматизированный сбор, обработку, хранение, передачу и анализ экологической информации, экологическое моделирование и прогнозирование, а так же распределенную обработку данных.

## Библиографический список:

1. Мирзиёев Ш.М. Критический анализ, жесткая дисциплина и персональная ответственность должны стать повседневной нормой в деятельности каждого руководителя. – Т.: Узбекистан, 2017. – 104 с.
2. Мирзиёев Ш.М. Обеспечение верховенства закона и интересов человека – гарантия развития страны и благополучия народа. – Т.: Узбекистан, 2017. – 48 с.
3. Мирзиёев Ш.М. Мы все вместе построим свободное, демократическое и процветающее государство Узбекистан. – Т.: Узбекистан, 2016. – 56 с.
4. Мирзиёев Ш.М. Всестороннее развитое поколение – основа великого будущего, созидательный труд народа – основа благополучной жизни, дружба и сотрудничества – гарантия процветания. Т.: Узбекистан, 2019. – 35 с.
5. «O'ZBEKISTON – 2030» strategiyasi to'g'risida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni.
6. Суворова Г.П. Автоматизированная система экологического контроля предприятия // Г.П. Суворова // Методы и устройства передачи и обработки информации: Сборник научных трудов. Вып. 4 // Под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. СПб.: Гидрометеоздат, 2004. – С. 347.
7. Музафаров А.М., Темиров Б.Р., Саттаров Г.С. Оценка техногенных экологических и радиоэкологических факторов в зоне деятельности НГМК // Горный вестник Узбекистана. – № 2 (53). – Навои, 2013. – С. 130-134.
8. Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Кулматов Р.А. Оценка радиационной обстановки и распределения радионуклидов в воздухе цеха прокатки закиси-оксида урана // XXI ВЕК. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. Москва, 2020. 5 (4). 344. – С. 384-392.
9. Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Черчиева Е.О., Саттаров Г.С., Возможности применения инструментальных приборов для решения технологических и радиоэкологических задач урановых производств // Сборник тезисов 9-ой международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы – Казахстан. 24-27 сентября 2013. – С. 182-183.
10. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Нарзиев А.С., Шарофутдинов У.З. Радиоэкологическая обстановка уранового производства и оценка его влияния в экосистему // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды. Сборник материалов III Всероссийской конференции с международным участием. – Новочебоксарск – Россия. 21-22 ноября 2013 г. – С. 65-66.
11. Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Мустафаев М.А., Саттаров Г.С. Комплекс аналитических методов контроля процессов горно-металлургических производств и их вклада в экосистемы // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября. 2016 г. – С. 259-260.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, No. 3 (98) pp. 93-95

## CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR EMISSION PURIFICATION PROCESSES AT FACILITIES OF JSC "NMMC"

**Sanakulov K.**, Chairman of the Board - General Director, Doctor of Technical Sciences, Professor.

**Bakoev Kh.Yu.**, Head of the Environmental Protection Department of the Department of Labor Protection, Industrial Safety and Environmental Protection (ESG).

**Pulatov V.B.**, Head of the Production Automation Department.

### JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company». Navoi, Uzbekistan.

This article analyses the series of projects undertaken to ensure environmental protection, sustainable resource management, and improvement of sanitary and ecological conditions. The current level of atmospheric pollution and the projected increase in emission volumes necessitate the development and implementation of measures to diversify emission sources. The article outlines methods for equipping facilities with automated systems for the analysis of atmospheric emissions and environmental discharges.

**Keywords:** environmental management, sustainable resource utilization, sanitary and ecological conditions, atmospheric pollution, emission volumes, emission source diversification, automated emission monitoring systems, emission and discharge sources

### Bibliographic list:

1. Mirziyoyev Sh.M. Critical analysis, strict discipline and personal responsibility should become the daily norm in the activities of every leader. – T.: Uzbekistan, 2017. – 104 p.
2. Mirziyoyev Sh.M. Ensuring the rule of law and human interests is a guarantee of the country's development and the well-being of the people. – T.: Uzbekistan, 2017. – 48 p.
3. Mirziyoyev Sh.M. We will all build a free, democratic and prosperous state of Uzbekistan together. – T.: Uzbekistan, 2016. – 56 p.
4. Mirziyoyev Sh.M. A comprehensively developed generation is the basis of the great awakening, the creative work of the people is the basis of a prosperous life, friendship and cooperation is a guarantee of prosperity. T.: Uzbekistan, 2019. – 35 p.
5. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan on the strategy «UZBEKISTAN – 2030».
6. Suvorova G.P. Automated system of environmental control of an enterprise // G.P. Suvorova // Methods and devices for transmitting and processing information: Collection of scientific papers. Vol. 4 // Ed. V.V. Romashova, V.V. Bulkina. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2004. – p. 347.
7. Muzafarov A.M., Temirov B.R., Sattarov G.S. Assessment of man-made environmental and radioecological factors in the area of NMMC activity // Mining Bulletin of Uzbekistan. – No. 2 (53). – Navoi, 2013. – pp. 130-134.
8. Muzafarov A.M., Allaberganova G.M., Kulmatov R.A. Assessment of the radiation situation and distribution of radionuclides in the air of the uranium oxide calcination shop // XXI CENTURY. TECHNOSPHERE SECURITY. Moscow, 2020. 5 (4). 344. – pp. 384-392.
9. Muzafarov A.M., Allaberganova G.M., Cherkchieva E.O., Sattarov G.S., Possibilities of using instrumental devices for solving technological and radioecological problems of uranium production // Collection of abstracts of the 9th international conference «Nuclear and radiation physics». – Almaty – Kazakhstan. September 24-27, 2013. – pp. 182-183.
10. Muzafarov A.M., Sattarov G.S., Narziev A.S., Sharofutdinov U.Z. Radioecological situation of uranium production and assessment of its impact on the ecosystem // Current issues of chemical technology and environmental protection. Collection of materials from the III All-Russian conference with international participation. – Novochereboksarsk – Russia. November 21-22, 2013 – pp. 65-66.
11. Muzafarov A.M., Allaberganova G.M., Mustafaev M.A., Sattarov G.S. Complex of analytical methods for monitoring the processes of mining and metallurgical production and their contribution to ecosystems // Materials of the Republican Scientific and Technical Conference «Mining» metallurgical complex: «Achievements, problems and prospects for innovative development». – Navoi, November 15-16. 2016. – pp. 259-260.

## HISOR TOG' TIZMALARI CHASHMA SUVLAR TARKIBIDAGI RADIOKIMYOVIY XAVFNI BAHOLASH TADQIQOTI



**Xurramov M.G.,**  
Qarshi davlat universiteti  
«Texnologik ta'lim» kafedrasida dosenti, t.f.n.



**Nazirov Z.Sh.,**  
Qarshi davlat universiteti  
«Texnologik ta'lim» kafedrasida dosenti, t.f.f.d (PhD)

Maqolada Hisor tog' tizmalari hududlarida aholi tomonidan turli maqsadlarda foydalaniladigan chashma suvlarni radiokimyoviy xavfsizlik ko'rsatkichlarini baholash bo'yicha eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan. Chashma tirshiqidan suvni yuzaga bosimsiz sizib chiqish hajmi 0,01-0,02 l/s va tarkibida  $^{40}\text{K}$  ( $1,6 \cdot 10^{-11}$  kyuri/l),  $^{226}\text{Ra}$  ( $7 \cdot 10^{-7}$  kyuri/l),  $^{222}\text{Rn}$  (76-92 Bk/l) radionuklidlar miqdori aniqlandi. Maydonlarda chashma suvlarni bu izotoplar zararlanishi yer osti suv zahirasi joylashgan gorizontlardagi mineral jinslar tarkibidagi radioaktiv elementlar miqdori va suvni joyida bo'lish vaqtini davomiyliigi hamda undagi jarayonlari bilan bog'liq. Olingan natijalar chuqur yer osti suvlarni sanitar-gigiyenik monitoring va mintaqani atrof-muhit holatini baholashlarda qo'llanishi mumkin.

**Tayanch iboralar:** chashmalar, suv, radiokimyoviy xavf, mineral jinslar, tabiiy radionuklidlar, kaliy-40, radiy-226, radon-222, radioaktiv parchalanish, al'fa va beta faollik, nurlanish.

В статье представлены результаты экспериментального исследования по оценке показателей радиохимической безопасности родниковой воды, используемой населением для различных целей в районах Гисарского хребта. Расход воды родника составляют 0,01-0,02 л/с и содержит  $^{40}\text{K}$  ( $1,6 \cdot 10^{-11}$  кюри/л),  $^{226}\text{Ra}$  ( $7 \cdot 10^{-7}$  кюри/л), Определено количество радионуклидов  $^{222}\text{Rn}$  (76-92 Бк/л). Это количество радиоактивных элементов связано в минеральных породах горизонтов, где находится подземный водонос, продолжительностью времени нахождения воды и процессами, происходящими среды. Полученные результаты могут применяться в радиационном санитарно-гигиенических мониторинге глубинных подземных вод, а также оценки состояния окружающей среды региона.

**Ключевые слова:** источники, вода, радиохимическая опасность, минеральные породы, природные радионуклиды, калий-40, радий-226, радон-222, радиоактивный распад, альфа- и бета-активность, радиация.

Hisor tog' tizmalari joylashgan Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarini chegaradosh hududlarida uchraydigan yer osti chashma suvlarini radiokimyoviy tarkibi bo'yicha ma'lumotlar bu suvdan foydalanilayotgan insonlar hayoti va atrof-muhit xavfsizligi uchun muhim hisoblanadi. Chunki bu maydonlarda yer ostidan sizib chiqayotgan tabiiy chashma suvlari tarkibi va ularni xossalari, holatlari, xavf darajalari hozir vaqtda to'liq o'rganilmagan. O'tgan asmi oxirlarida bu maydonlarda yer osti suv havzalarni hosil bo'lish shart-sharoitlarini tadqiq qilishda olimlardan: Balashov L.S., Sidikov J.S., Rivman A.I. va boshqalar bir qator ilmiy ishlar olib borishgan hamda o'zlarini munosib hissalarni qo'shganlar [1-2].

Lekin bu hududlarda yer osti tabiiy chashmalar suv tarkibini radiokimyoviy xavf ko'rsatkichlarini baholash tadqiqotiga bag'ishlangan alohida ishlar yo'q

Hisor tog' tizmalari joylashgan maydonlarda yer ostidan chiqayotgan tabiiy chashma suvlar tarkibini radiokimyoviy xavf ko'rsatkichlari va ularni tavsiflarini o'rganishdir.

Tadqiqot ishlarida ichimlik suv sifat darajasini baholovchi amaldagi fizik-kimyoviy, titrimetrik, spektroskop, massa-spektrometrik, gamma-spektrometrik va fotometrik usullardan foydalanildi.

Muammoni o'rganishda Surxondaryo viloyatida Hisor tog' tizmalari egallagan maydonlarida uchraydigan yer ostidan sizib chiqayotgan chashma suvlari va uning atrofidagi tog' jinslari tayanch qilib tanlandi.

Kuzatishlarimiz natijasi shuni ko'rsatdiki, Hisor tog' tizmalari egallab turgan maydonlarda tektonik jarayonlar natijasida yoriq va tirqishlarni hosil bo'lishi, hozirgi vaqtda yer ostidan chashma suvni chiqishiga sharoit yaratilgan. Bu yerda siljish va siqilish kuchlarini harakati natijasida tizmada poleozoy davrida hosil bo'lgan cho'qqi bo'lib chiqqan

jinslarining qiya holatda qatlamli taxlanishlar holatida joylashib qolgan o'zgarishlarda ham kuzatish mumkin. Bu hududdagi boshqa tizmalarda jinslarni bunday joylashuv holatlari yuq (1-rasm).

Bu maydondagi yoriqlar va tirqishlardan qorning erishi, yomg'ir suvlarining oqishi, ularning kondensatsiyalanish, atrofga yutilish va singish jarayonlari natijasida yer osti chashma suvlari hosil bo'lgan. Tektonik jarayonlar natijasida hosil bo'lgan yoriqlardan oqayotgan oqim tog' jinslarini eritib, yo'lidagi har-xil tarkibli mexanik zarrachalarni yuvib o'zi bilan oqizib o'zan ochgan. Bu jarayonlarda maydondagi tog' jinslari, suv o'tkazuvchanlik, havodagi namlik iqlim va meteorologik omillar ham



1-rasm. Qavatli joylashgan tog' cho'qqisi

muhim o'rin tutgan. Yer osti suvini radiokimyoviy darajasi yer po'stlog'ini birinchi qavati toshli aralashmalar gorizontida joylashgan havzalar tarkibida  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  izotoplarini qancha miqdorda eriganligi bilan belgilanadi. Suv havzalarida bu radiokimyoviy elementlarni to'planishiga oksidlanish-qaytarilish jarayonlari maqbul sharoitlar yaratadi [3-4].

Yer ostidan chiqayotgan chashmalardan birini kuzatganimizda, tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, aylanasi 30 sm bo'lgan o'yiqda bir necha tirshiqlardan suvni yuzaga bosimsiz erkin sizib chiqish hajmi juda kichik 0,01-0,02 l/s miqdorda, kech kuz vaqtida bo'lganligi uchun harorat  $24^{\circ}\text{C}$ - $26,5^{\circ}\text{C}$  va vodorod ionlarining ko'rsatkichi pH 5,3-6,1 teng bo'lishi aniqlandi (2-rasm).

Soha olimlarini tadqiqotlarida suvni yuzaga kam hajmda chiqishini asosiy sabablaridan biri yer osti birinchi toshli aralashmalar qavat gorizontida joylashgan yoriqlardagi bosim va atmosfera bosimi bilan bir xil miqdorda bo'lganligidir. Bunda suv havzasi joylashgan chuqurlik 70-100 m atrofida bo'lishi ko'rsatilgan [5-6].

Analiz natijalari ko'rsatdiki, chashmadan sizib chiqayotgan suvning oqimi birinchi tirshiqdan sizib chiqayotgan suvni rangi zang tusda bo'lib, qizil-kulrangli tabiiy temir birikmalari cho'kmalari ularni miqdori yuqori darajada ekanligini ko'rsatadi (3-rasm). Bunday tarkibli suv ta'mi o'zgarib turadi, unda inson organizmiga salbiy ta'siri etuvchi temir bakteriyalari rivojlanishi uchun yaxshi sharoitlar yaratiladi.

Tabiiy temir sulfidlari tarkibida quyidagi:  $^{54}\text{Fe}$  (5,9%);  $^{56}\text{Fe}$  (91,7%);  $^{57}\text{Fe}$  (2,1%) va  $^{58}\text{Fe}$  (0,3%) barqaror aktiv izotoplari bo'lishi aniqlandi. Nuklidlarni  $\alpha$ -nurlanish izotoplari ichimlik suvlari juda xavfli bo'lib, bunday tarkibli suvni istemol qilgan insonlar 0.1 Bk/l doza olishlari ko'rsatilgan [7-8].

Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarining chegaradosh Hisor tog' tizmalari egallagan maydonlarida, ayniqsa, Dehqonobod tumani hududi barqaror kaliyli silvin KCl hamda natriyli silvinit (K,Na)Cl xom-ashyo zahiralari juda boy (3-rasm).

Hozirgi vaqtda yer osti tog' suv manbalari tarkibida  $^{40}\text{K}$  aktiv radioaktiv izotopi kam o'rganilgan sohalaridan hisoblanadi. Bu maydonlarda oqar suv manbalari tarkibida  $^{40}\text{K}$  radioaktiv izotopi muallaq qattiq zarracha shaklida suvlarda ko'chib yurishi va konsentratsiyalari doimiy o'zgarib turish ehtimoli juda katta. Chunki  $\text{K}^+$  ioni suvda erimaydigan ikkilamchi minerallar tarkibiga kiradi [3, 10].

Yer po'stlog'ida 87-rubidiy izotopi uran, toriy va kaliy-40, radioaktiv moddalariga nisbatan eng ko'p tarqalgan. Lekin radioaktivligi bo'yicha kaliy-40, yer po'stlog'idagi tabiiy izotoplar ichida yuqori darajali hisoblanadi. Tog' jinslari tarkibida 50 ortiq radioaktiv izotoplar aniqlangan bo'lib, kaliy-40 umumiy hissdan ulushi 0,012% tashkil etadi. Tabiatda kaliy-39, kaliy-40 va kaliy-41 izotolari uchraydi. Bularning ichida kaliy-39 va kaliy-41 barqaror hisoblanadi. Faqat  $^{40}\text{K}$  radiokimyoviy  $\beta$ -yemiriladi [9-10].

Analizlar uchun, 3-rasmdagi silvinda  $^{40}\text{K}$  etaloni tayyorlandi. Buning uchun KCl tuzidan 250 mg namuna tortib olindi va uning tarkibidagi radioaktiv  $^{39}\text{K}$  miqdori aniqlandi. KCl molekulyar massasiga (74,6 g) asosan  $^{39}\text{K}$  miqdori 39,1 g tashkil etadi. Tabiiy kaliy tarkibida 0,0111%, radioaktiv  $^{40}\text{K}$  bo'ladi. Olingan namuna ya'ni tabiiy 1 g kaliy-39 tarkibida, esa radioaktiv  $^{40}\text{K}$  hissa miqdori 0,000119 g tashkil etadi. Olingan namuna tarkibida  $^{40}\text{K}$  miqdori  $1,6 \cdot 10^5$  bo'ladi.

Bunda tarkibdagi 1g kaliy-40 aktivlikni xavfli yarim  $\beta$ -yemirilish 83% bo'lib, to'liq davri  $1,5 \cdot 10^7$  yemirilish/min. Izotopni radioaktiv aktivligi  $^{40}\text{K}$  hisobiga 3,5 Bk bo'lishi aniqlandi. Olingan namuna tarkibida xavfli radioaktiv aktivlikni yarim  $\beta$ -yemirilish 240 yemirilish/min, solishtirma aktivligi esa  $6,8 \cdot 10^{-5}$  kg/g tashkil etdi.

Uning konsentratsiyasi kaliy tuzlariga boy bo'lgan Hisor tog' tizmalari joylashgan bu hududlaridagi mineralashgan suv uchun o'rnatilgan sanitar-gigiyenik meyor darajasidan  $1,6 \cdot 10^{-11}$  kyuri/l, yuqori ekanligi aniqlandi.

Quyidagi 4-rasmda chashma joylashgan maydondan olingan namunada silvin tarkibidagi  $^{40}\text{K}$  izotopi yillar o'tishi davomida radiokimyoviy xavfli yarim yemirilish davrida erkin  $\beta$ -elektron



2-rasm. Chashma va tirshiqsharidan sizib chiqayotgan suv ko'rinishi



3-rasm. Chashma va tirshiqsharidan sizib chiqayotgan suv ko'rinishi



4-rasm.  $^{40}\text{K}$  radioaktiv izotopni ( $^{40}\text{Ca}^+$ ) kalsiyga qadar yemirilgan namuna 1-silvinlar, 2-ohak tosh va dolomtlar

zarrachalar va 1,31 MeV energiya hamda nurlantiruvchi, kichik massali, zaryadsiz, elementar zarracha antineytrino chiqarish natijasida 89,28% qismi ( $^{40}\text{K} + e \rightarrow ^{40}\text{Ca} + \beta$ ), ( $^{40}\text{Ca}^+$ ) kalsiyga qadar yemirilgan. Kalsiy esa iqlim va meteorologik jarayonlar ta'sirida vaqt o'tishi bilan  $\text{CaCO}_3$  ohak toshlar va  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  dolomitlar hosil qilgan.

$^{40}\text{K}$  radioaktiv izotopni qolgan 10,72% qismi energiyasi kam miqdorda bo'lsa ham, tez va yuqori singish qobiliyatiga ega turli yo'nalishlarga harakatlanadigan elektrikli neytral neytrino chiqaradi. Elektron biriktirish jarayonida 1,46 MeV energiyaga ega

$\gamma$ -nurlanish hosil qiladi va ( $^{40}\text{K} + e \rightarrow ^{40}\text{Ar} + \gamma$ ), ( $^{40}\text{Ar}^+$ ) uchuvchan argon gaziga aylanadi. Argon boshqa elementlarga nisbatan faol emas shuning uchun "Erinchoq" ma'nosini bildiradi.

Analiz natijalari ko'rsatdiki, radiy tuzlari oq rangda bo'lib, o'z-o'zini nurlantirish jarayonlari ta'sirida tezda sariq rangli tusga kiradi. Keyin kul va qora ranglar oralig'ida bo'ladi. Juda kam miqdorda suv sizib chiqayotgan chashmani ikkinchi tirshiq atrofida ham cho'kma holatidagi radiy tuzlarini izlarini ko'rish mumkin.

Radiy solishtirma aktivligi yuqori bo'lgani uchun suvni parchalash jarayonida undan vodorod va kislorodni siqib chiqarishi ma'lum. Shuning uchun bu tirshiqdan sizib chiqayotgan suvni hajmi juda kichik.

Analiz natijalari ko'rsatdiki, bu zarrachalar gaz gorelkasida yoqilganda qora-qizil rang beradi. Bu esa zarrachalar tarkibida  $^{226}\text{Ra}$  yuqi borligidan darak beradi. Uning konsentratsiyasi chashma suvi  $7 \cdot 10^{-7}$  kyuri/l bo'lib, o'rnatilgan sanitar-gigiyenik meyor darajasidan ( $4,5 \cdot 10^{-7}$  kyuri/l) yuqori ekanligi aniqlandi. Bu izotop qaytarilish uchun sharoitlar yaratadi,  $^{226}\text{Ra}$  radioaktiv izotopi bor joylarda uning nuklidlarini

$\alpha$ -yemirilishidan  $^{222}\text{Rn}$  hosil bo'ladi.  $^{222}\text{Rn}$  izotopi yuqori ko'chib yurish qobiliyatiga ega bo'lib, chashma suvi tarkibida aktiv miqdori 76-92 Bk/l bo'lishi aniqlandi. MPX-99/2009 binoan ichimlik suvlari uchun meyor darajasi 60 Bk/l o'rnatilgan. Radon rangsiz, hidsiz bo'lib, granitlarni tirshiq va yoriqlarida yig'iladi va oksidlanish uchun sharoitlar yaratadi. Yarim yemirilish davri 3,82 sutkaga teng, insonlar hayoti uchun xavfli hisoblanadi. Kuzatishlar ko'rsatdiki, chashma suvi tarkibida natriy miqdori 260-270 mg/dm<sup>3</sup> tashkil etdi. Ichimlik suvi uchun uni meyor darajasi 200 mg/dm<sup>3</sup> o'rnatilgan.

Bunday natriy miqdori yuqori suvdan foydalanish inson organizmida konsratsiya oshish hisobiga yashirin ta'sir ko'rsatib, bo'yрак ish faoliyati o'zgartirishi aniqlangan. Chashma suvi tarkibida natriy miqdori

yuqori bo'lish omillaridan biri uning radioaktiv izotopi  $^{24}\text{Na}$  yashash davri qisqa, yarim yemirilishi 15,5 min bo'lib, suv ta'sirida eriganligi bilan ham izohlash mumkin.

Kimyoviy va radiologik zamonaviy usullarni natijalariga asoslanib, quyidagilarni keltirish mumkin, Hisor tog' tizmalari egallagan maydonlarni yer po'stlog'ini birinchi qavatli toshli aralashmalar gorizontidan sizib chiqayotgan chashma suvi tarkibida  $^{40}\text{K}$  ( $1,6 \cdot 10^{-11}$  kyuri/l),  $^{226}\text{Ra}$  ( $7 \cdot 10^{-7}$  kyuri/l),  $^{222}\text{Rn}$  (76-92 Bk/l) izotoplarni aktiv radiokimyoviy ko'rsatkichlari suvdan ichimlik sifatida foydalanishga o'rnatilgan sanitar-gigiyenik meyor darajalaridan yuqori ekanligi aniqlandi. Olingan ma'lumotlar bu maydonlardagi suvdan foydalanish uchun o'ziga xos maxsus tozalash jarayonlaridan o'tkazishni taqozo etadi.

### Bibliografik ro'yxat:

1. Андреев А.И., Чекунаев В.В. Экспериментальные исследования содержания радона в воде из подземного источника // Вестник ТОГУ. – Т. 26. – № 3. – Томск, 2012. – С. 123-130.
2. Гигиенические требования по ограничению облучения населения, за счёт природных источников ионизирующего излучения (СанПиН 2.6.1.2800-10). – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 40 с.
3. Жуковский В.М. Методы радиационного контроля окружающей среды. Учеб. пособие // В.М. Жуковский. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. – 278 с.
4. Игнатъев А.В., Веливецкая Т.А., Будницкий С.Ю. Метод определения изотопов аргона в непрерывном потоке гелия для K/Ar геохронологии // Масс-спектрометрия. – Т. 6 (4), 2009. – С. 205-214.
5. Корюгин П.Ф. Определение петрофизических характеристик по образцам. Часть 2: метод. Указания // П.Ф. Корюгин, Л.П. Шилов. – Ухта: УГТУ, 2003. – 38 с.
6. Козлова И.К., Юрков А.К. Методические вопросы измерения содержания радона-222 в почвенном воздухе при мониторинговых наблюдениях // Уральский геофизический вестник. № 7. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – С. 31-34.
7. Методика выполнения измерений объёмной активности изотопов радия ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ) в пробах природных вод альфа бета радиометрическим методом с предварительным концентрированием. – Москва, 2005.
8. Моисеев Т.И. Закисление вод. Факторы, механизмы и экологические последствия. – М.: Наука, 2003. – 276 с.
9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 14 с.
10. Сапожников Ю.А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика // Ю.А. Сапожников, Р.А. Алиев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 286 с.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Большая жизнь в мелочах

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

# ILM-FANGA ASOSLANGAN INNOVATSIYA NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATIGA ULKAN MUVAFFAQIYAT KELTIRMOQDA



**Djulibekov N.K.,**  
«NPKM» AJ Ma'muriy ishlar bo'yicha  
direktor, iqtisod fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Maqolada Navoiy kon-metallurgiya kombinatining innovatsion faoliyati, amalga oshirilayotgan innovatsion loyihalari hamda uzoq muddatli istiqboldagi rejalashtirilgan maqsadlar o'z ifodasini topgan. Maqolada mazkur faoliyat muvaffaqiyatini ta'minlovchi asosiy me'zonlar, loyihalarni amalga oshirish mexanizmi hamda kombinat innovatsiya jamg'armasi tomonidan amalga oshirilayotgan tadbirlar yoritib berilgan. Sanoat korxonalarini soliqqa tortish mexanizmini takomillashtirish maqsadida innovatsion ishlanmalarni qo'llab-quvvatlashga qaratilgan amaliy tavsiyalar va me'yoriy hujjatlarga o'zgartirish kiritish bo'yicha takliflar yoritilgan.

**Tayanch iboralar:** innovatsion strategiya, intellektual salohiyat, fan, ta'lim va innovatsiyalar, innovatsion loyihalar, innovatsiya jamg'armasi, soliq imtiyozlari, investitsion chegirmalar, ilmiy-tadqiqot va tajriba konstruktorlik ishlanmalari, innovatsion ishlanmalarni qo'llayotgan korxonalarini soliqqa tortish.

В статье отражена инновационная деятельность Навоийского горно-металлургического комбината, реализуемые инновационные проекты, а также намеченные цели в долгосрочной перспективе. Описаны основные предпосылки, обеспечивающие успех в данном направлении, механизм реализации проектов и деятельность Инновационного фонда комбината. В целях совершенствования механизма налогообложения промышленных предприятий предложены практические рекомендации и внесения изменений в нормативные документы, направленные на поддержание инновационных разработок.

**Опорные слова:** инновационная стратегия, наука, образования и инновация, инновационные проекты, инновационный фонд, налоговые льготы, инвестиционные отчисления, затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, налогообложение предприятий, применяющих инновационные разработки.

Jahon tajribasi shuni ko'rsatadiki, ishlab chiqarishni barqaror rivojlantirish, raqobatbardoshligini saqlanib qolish ko'p jihatdan innovatsiyalarga bog'liqdir. Shu bois, mustaqil O'zbekistonning hozirgi rivojlanish bosqichida bu yo'nalishga taraqqiyot va iqtisodiy o'sishning asosiy omili sifatida katta e'tibor qaratilgan. [1-2]

Natijada har bir soha yoki tarmoqning innovatsion strategiyasini ishlab chiqish, g'oyalar, ilmiy-texnik ishlanmalar orqali texnika va texnologiyasini yangilash, diversifikatsiya siyosatini kuchaytirish hozirgi davrning zamonaviy talabiga aylanib bormoqda. Bunda, birinchi navbatda har bir korxonaning o'ziga xosligi, ishlab chiqarish xususiyati, rivojlantirish tendentsiyalarni tajriba va tafakkur asosida chuqur tahlil etish, real baholash kerak bo'ladi. Innovatsion g'oyalarning texnik asosini yaratish, tajriba-sinov, fundamental va amaliy tadqiqotlar olib borish, moliyalashtirish va amalda qo'llash kabi indikatorlar orqali taklif, kashfiyot, ixtiro va foydali modellar yaratish, ularni samarali qo'llash va ko'zlangan natijaga erishish kadrlarning intellektual va ilmiy salohiyatiga bog'liq. Chunki intellektual salohiyat innovatsiyaning ajralmas qismi hisoblanadi. Bu, bevosita konchilik va metallurgiya sanoatiga ham taalluqlidir.

Chunki har qanday taraqqiyot, muvaffaqiyatga faqat ilm-fan, innovatsiya orqali erishiladi. Bunga hayotning, tarixning o'zi guvoh. Bu bugungi hayotimizda ham bu har qanday davlatni xatarlardan asraguvchi, rivojlanishga yetaklovchi asosiy kuch sifatida namoyon

bo'lib, eng to'g'ri yo'l, yechim ekanini ko'rsatmoqda. Xalqaro ekspertlar, mutaxassislar ham bu yagona yechim ekanligini ta'kidlashmoqda.

O'zbekiston ham ilm-fanni rivojlantirish, innovatsion g'oyalar, loyihalar va takliflarni qo'llab-quvvatlash va rag'batlantirishga katta e'tibor qaratdi.

Buning uchun, eng avvalo, keyingi yillarda mustahkam huquqiy baza yaratilgani, Konstitutsiyamizning 42-moddasida ilmiy va texnikaviy ijod erkinligi, madaniyat yutuqlaridan foydalanish huquqi kafolatlanib, davlat jamiyatning madaniy, ilmiy va texnikaviy rivojlanishiga g'amxo'rlik qilish belgilab qo'yilgani, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 6 iyulda qabul qilingan "2022-2026 yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmoni ushbu yo'nalishdagi navbatdagi qadamlardan bo'ldi. Bu esa o'z navbatida orzu-maqsadlarimizni amalga oshirish uchun qo'shimcha imtiyozlar, yangi imkoniyatlar yaratish bilan birga, raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish, mahsulot tannarxini kamaytirish, foyda olish, tarmoqni drayver sohaga aylantirishga mustahkam zamin yaratdi.

Ma'lumki, har bir soha rivoji, kelajagini belgilashda uzoq davrga mo'ljallangan strategiya, dasturlar muhim va hal qiluvchi rol o'ynaydi. Bu borada 2023 yil 11 sentyabrda "O'zbekiston – 2030" strategiyasi to'g'risida"gi Farmon qabul qilingan bo'lib, Yangi O'zbekiston iqtisodiy taraqqiyotida muhim ahamiyatga ega [3]. Bunda, respublikamiz rivojiga

daxldor barcha yo'nalishlar qatorida ilmiy-tadqiqot ishlari, intellektual mulkni yanada rivojlantirish va himoya qilish, yangi ixtirolarni amaliyotga joriy etish, eksportbop mahsulotlar ishlab chiqarish, tabiiy resurslarni tejash, ekologik barqarorlikni mustahkamlash, ilm-fan hamda ishlab chiqarishda ixtirolar, yangiliklar yaratish ham nazarda tutilgani bugun yurt taraqqiyotiga xizmat qilmoqda.

Shuni mamnuniyat bilan alohida ta'kidlash joizki, 2018 yildan buyon har yili o'tkazib kelinayotgan Xalqaro innovatsion g'oyalar haftaligi – "Innoweek.uz" xorijiy innovatsion va ilmiy markazlar, investitsion fondlar, texnologik agentliklar, texnoparklar va biznes-inkubatorlarni bir maqsad yo'lida jamlovchi innovatsion texnologiyalar platformasiga aylandi.

Bu kabi islohotlar sohalar rivojini ta'minlab qolmay, balki sanoat va boshqa tarmoqlarni rivojlantirish, ularning iqtisodiy va moliyaviy ko'rsatkichlari, ishlab chiqarish quvvatlarini yuksaltirish, bunda eng avvalo, xarajatlar va tannarxni pasaytirish, mahalliy lashtirish va rentabellik darajasi, mahsulot raqobatdoshligini oshirishni ta'minlamoqda.

Bu ishlarning aniq natijalari va samaradorligini birgina "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" aktsiyadorlik jamiyati misolida tahlil etadigan bo'lsak, bu yo'nalishda qariyb 50 ming kishi mehnat qilayotgan, yillik ishlab chiqarish hajmi o'rtacha 7 mlrd AQSh dollariga teng bo'lgan gigant korxonona mamlakatimizda iqtisodiyotning boshqa tarmoqlari qatorida jadal rivojlanmoqda.

Bugun kombinat yutuqlari haqida gapirganda, uning taraqqiyotida 2017 yilda tasdiqlangan kombinatni 2026 yilgacha barqaror rivojlantirish dasturi alohida ahamiyatga ega ekanini alohida ta'kidlash joiz. Ushbu dastur asosida 2017-2023 yillarda 23 ta yirik investitsion loyiha ishga tushirilib, qariyb 15 mingta yangi ish o'rinlari yaratildi. Korxonaning oltin yillik tarixida to'rtta zavod barpo etilgan bo'lsa, keyingi besh yilda to'rtta – 5, 6, 7-gidrometallurgiya zavodlari, 2-gidrometallurgiya zavodining ikkinchi navbati foydalanishga topshirildi. Buning hisobiga 2023 yilda 2016 yilga nisbatan oltin ishlab chiqarish hajmi 26 foizga, kumush ishlab chiqarish hajmi 46 foizga oshib, ma'dan qazib olish hajmi 2,3 barobar, ma'danni qayta ishlash hajmi 1,6 barobarga o'sdi. Buning evaziga «NKMK» 2016 yildagi jahon oltin ishlab chiqaruvchi kompaniyalari o'rtasida 7-o'ringdan 2022 yilda 4-o'rinni zabt etdi. Quvonarli jihati, ushbu dasturni muddatidan ikki yil avval – joriy 2024 yilda yakunlash, oltin ishlab chiqarish hajmini 32 foizga yetkazish mo'ljallangan.

Bugun kombinat o'zining ishlab chiqarish hajmi va raqobatbardosh mahsulotlari bilan dunyodagi kon-metallurgiya sohasida yetakchi korxonalar qatorida turadi [4]. Kombinatsion ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar xalqaro standartlariga to'la javob beradi va nufuzli reytinglarda ko'plab e'tiroflarga sazovor bo'lgan. Bunday raqobatbardosh mahsulotlarni ishlab chiqarishda, albatta, ilm-fan yutuqlarining amaliyotga bevosita tatbiq etilishiga bog'liq va bu sohada muhim ahamiyatga ega.

Shuni alohida ta'kidlash joizki, bepoyon Qizilqum sahrosidagi qazilma boyliklarni o'zlashtirish, qayta ishlash, ishlab chiqarishga zamonaviy texnologiyalarni tatbiq etish uchun yaxshi samara beradigan innovatsion g'oyalar, ilmiy ishlanmalar, ratsionalizatorlik takliflari kerak. Chunki kon-metallurgiya sanoati ko'p tarmoqli va murakkab jarayonlarni o'z ichiga qamrab olgan sohadir.

Foydali qazilmalarni izlab topish, ularning zaxiralarini hisoblash, qayta ishlash texnologiyalarini tanlash, tayyor mahsulotlarning o'rnatilgan me'yorlarga mosligi kabi masalalar bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarni olib borish kon-metallurgiya sohasini rivojlantirishning muhim yo'nalishlaridan biridir [5]. Ilm-fan va sanoat shiddat bilan rivojlanayotgan hamda raqobat kuchayib borayotgan hozirgi davrda so'nggi fan yutuqlari va ilg'or texnologiyalarni ishlab chiqarishga tatbiq etish har bir sanoat korxonasining kelajagini belgilaydi.

Bugungi kunning o'zgaruvchan bozor talabi har bir korxonaning innovatsiyalarga asoslangan rivojlanish strategiyasiga ega bo'lishini talab etmoqda. Chunki ishlab chiqarish rivojini innovatsion

texnologiyalar, ixtirolarsiz tasavvur etib bo'lmaydi. Innovatsiya – bu taraqqiyot, kelajak demakdir. Qonun va normativ-huquqiy hujjatlar kombinatda innovatsiyani rivojlantirish, amalga oshirishning tashkiliy-huquqiy asoslarini ishlab chiqarishga asos bo'ldi.

Shu maqsadda, kombinatda 105 ta loyihani o'z ichiga olgan 2026 yilgacha innovatsion rivojlantirish dasturi qabul qilindi. Unda 41 ta yo'nalish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borish, 1,5 trln so'mlik iqtisodiy samara olish ko'zda tutilgan.

Jumladan, geologiya, kon-metallurgiya, mexanika, energetika va boshqa muhim sohalarga doir kombinat olim va mutaxassislari tomonidan xorijnikidan aslo qolishmaydigan yangi texnologiyalar va innovatsion loyihalar yarata olgani va ishlab chiqarishga tatbiq etgani, zamonaviy texnologiyalar va takliflar asosida ishlab chiqarishlar modernizatsiya va diversifikatsiya qilingani, texnik va texnologik qayta jihozlangani yutuqlarning asosiy omili bo'ldi. Buning natijasida hamkasblarimiz konchilik va metallurgiya sohasida dunyo texnologiyalari bilan bemalol raqobatlasha oladigan, hattoki, jahonda muvobili bo'lmagan ishlanmalar, kamxarjli texnologiyalar yaratishga muvaffaq bo'lishdi. Bu, mahsulot sifatini oshirish, xarajatlarni pasaytirish hamda mehnat unumdorligini oshirishga undovchi kuch sifatida namoyon bo'ldi.

Birgina, so'nggi o'n yilda yuqori malakali va ilmiy salohiyatiga ega kombinat mutaxassislari tomonidan yaratilgan 37 ta ixtiro patent bilan, 34 tasi O'zbekiston Respublikasi (IMA), ikkitasi Shveysariya va Germaniyadagi Patent kooperatsiya to'g'risidagi shartnoma (PCT-patent huquqi sohasidagi xalqaro shartnoma) bo'yicha xalqaro patent talabnomasiga muvofiq himoyalangan, biri – Rossiya federal intellektual mulk xizmati tomonidan qo'lga kiritilishiga muvaffaq bo'ldilar.

Mustaqillikka erishgach, tog'-kon sanoati ustuvorlikka ega tarmoq sifatida belgilanib, O'zbekistonning iqtisodiy mustaqilligi va ijtimoiy barqarorligining kafolatiga aylandi. 1995 yilning 14 iyunida ishga tushirilgan 3-gidrometallurgiya zavodi Uchquduq hududiga ikkinchi hayot bag'ishladi. Korxonona 2008 yilgacha oksidlangan ma'dan zaxiralari bilan ishlangan bo'lsa, undan so'ng bu yerda sul'fidli ma'danlarni qayta ishlashga o'tildi. Ya'ni, zavodda ma'danni bakterial tanlab eritmaga o'tkazish texnologiyasi (BIOKS) joriy etilgani tufayli bugungi kunda kombinatda ikki barobar murakkab tarkiblikka ega va tarkibida oltin miqdori yuqori bo'lgan sul'fidli ma'danlar qayta ishlanmoqda [6].

Kombinat olimlari va mutaxassislarining keyingi o'n yillik izlanishlar samarasi bo'lgan «Tarkibida oltin mavjud kayta ishlanishi kiyin bulgan sul'fidli rudalaridan oltin ajratib olish usuli» mavzusidagi ixtirosi ishlab chiqarish va amaliyotga tatbiq etilgan, yangi texnologiyaga asoslangan ixtiroga O'zbekiston va Germaniyada patent olingan (17.11.2015 yilda olingan № IAP 05134-sonli patent) ishlanmasi dunyo kon-metallurgiya sanoatida muhim yangilik sifatida katta e'tirofqa sazovor bo'ldi. Jumladan, mamlakat kon-metallurgiya sanoati tarixida birinchi marta Navoiy kon-metallurgiya kombinati bir guruh olim va mutaxassislari ushbu kashfiyoti uchun 2017 yilda Birlashgan Millatlar Tashkiloti huzuridagi Butunjahon intellektual mulk tashkiloti (BIMT) oltin medali bilan taqdirlandi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 12 dekabrda «O'zbekiston Respublikasining fan va texnika, adabiyot, san'at va me'morchilik sohasidagi Davlat mukofotlarini berish to'g'risida»gi farmoniga muvofiq, «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» aktsiyadorlik jamiyati olim va mutaxassislari Quvondiq Sanaqulov, Nikolay Snitka, Rustamjon Usmanov, Ulug'bek Ergashev va Otabek Mustaqimovlar «Texnologik va ishlanishi murakkab bo'lgan oltin tarkibli ma'danlarni qayta ishlash va o'zlashtirishning kompleks texnologiyalarini ishlab chiqarish va joriy etish» bo'yicha ilmiy-amaliy ishlanmasi uchun fan va texnika sohasida birinchi darajali Davlat mukofotiga sazovor bo'ldi.

Bunga qadar mazkur texnologiya 2009-2019 yillar davomida uch mingdan ortiq turli xil tajriba va laboratoriya sinovlaridan o'tkazildi. Oddiy qilib aytganda, biologik oksidlangan mahsulot tarkibidan 85 foizgacha oltinni ajratib olardik. Qolgan 15 foizi esa chiqindiga chiqib ketardi. Yangi texnologiya joriy etilgach, ana shu chiqindi tarkibidagi 15 foiz oltinning

aksariyat qismini ajratib olish imkoniyatiga ega bo'ldik [7]. Dastlabki loyihada ixtiro asosida qurilgan majmuada oltinni chiqindidan ajratib olish darajasi 62 foiz deb belgilangan edi. Hozirda bu ko'rsatkich 76 foizga yetkazilgan. Mazkur ishlanmaning 3-gidrometallurgiya zavodi texnologik jarayoniga tadbiiq etilgani bugun ushbu korxonada ma'dandan oltin ajratib olish darajasini 17,4 foizga, mahsulot ishlab chiqarish hajmini 11,6 foizga oshirishga, texnologik ko'rsatkichlarni sezilarli darajada ijobiy tarafga yaxshilashga va chiqindidan yiliga 1,5 tonna oltin olish imkonini berdi. Hozirda mazkur zavod biooksidlash texnologiyasi asosida oltin ajratib olinayotgan korxonalar orasida ishlab chiqarish quvvati bo'yicha dunyodagi 18 ta zavodning eng yirigi hisoblanadi.

7-gidrometallurgiya zavodi Yangi O'zbekistonning texnogen chiqindilarni qayta ishlashga mo'ljallangan yangi zavodi hisoblanadi. «Oltinni uyumda ishqorlash sexida texnogen chiqindilarni qayta ishlash majmuasini qurish (7-GMZ)» loyihasi qiymati 247,6 mln dollarni tashkil etadi. Ma'danni qayta ishlash yillik quvvati 15 mln tonnaga teng bo'lib, izlanishlar natijasida ishlab chiqarish 16 mln tonnaga yetkazildi.

Shu o'rinda, e'tiborni bunday ulkan zavodga qurishga to'rtki bergan omillarga qaratsak. Yillar davomida hududda har tonnasida 0,5-0,7 gramm/tonna oltin bo'lgan 300 million tonnadan ko'proq texnogen chiqindilar to'planib qolgan edi. Bu jihatlarni qayta ishlash bo'yicha kombinat oldiga yangi vazifalarni qo'ydi va «NKMK» mutaxassislari buni yaratishga muvaffaq bo'ldi. Zavod qurilishida qo'llanilgan asosiy texnologik uskunalarni, turli dastgohlar, butlovchi materiallar, sharli tegimonlar chetdan sotib olinmasdan, Navoiy mashinasozlik zavodida ishlab chiqarilishi evaziga 56 mln dollarga yaqin mablag' tejaldi.

Jamoa innovatsion yondashuv, ratsionalizatorlik takliflarini faoliyatga izchil tadbiiq etilishi kutilgandan ziyoda samara berayapti. Buning tasdig'i sifatida texnik suvni tejashga mo'ljallangan sorbsion qurilma ishga tushirilishi hisobiga 2021-2023 yillarda 16,2 mln kubometr suvni tejashga erishildi. Bundan tashqari, ushbu suv tarkibidan qo'shimcha ravishda qimmatbaho metall olish ham yo'lga qo'yildi.

Hozirgi vaqtda ishlab chiqarish jarayonlarida 20 ta ixtirodan keng foydalanilmoqda, 10 ta ixtiro esa eksperimental sinovlardan va kushimcha izlanishlardan o'tmokda. 2017-2023 yillarda ixtirolarni joriy etishdan olingan iqtisodiy natijadorlik 2,1 trln so'mdan oshib ketganligi bu borada olib borilayotgan ishlar samaradorligining nakadar katta natija berayotganidan dalolat beradi.

Ratsionalizatorlik takliflari – mazmuni va miqyosi jihatidan xilma-xil bo'lib, xodimlarning individual hususiyatlari, ularning lavozimi yoki kasbiy

ixtisosligidan qat'iy nazar, ta'lim darajasidan kelib chiqqan holda ishchi kuchining tashabbuskor mehnat innovatsiyalariga moyilligini ifodalaydi.

«Navoiy KMK» AJ tomonidan ratsionalizatorlar va ixtirochilar klublari tashkil etilgan bo'lib, unda ixtirochilik faoliyatini qo'llab-quvvatlash va rag'batlantirish tizimi, yoshlarning texnik ijodiyotini rivojlantirish dasturlari ishlab chiqilgan bo'lib, har yili «Eng yaxshi ratsionalizator» tanlovi o'tkazib kelinmoqda.

2018-2023 yillarda kombinat mutaxassislaridan 1050 ta ratsionalizatorlik taklifi ijobiy qaror bilan qabul qilinib, ishlab chiqarishga joriy etilgan va 538,4 milliard so'mlik iqtisodiy samaradorlikka erishildi.

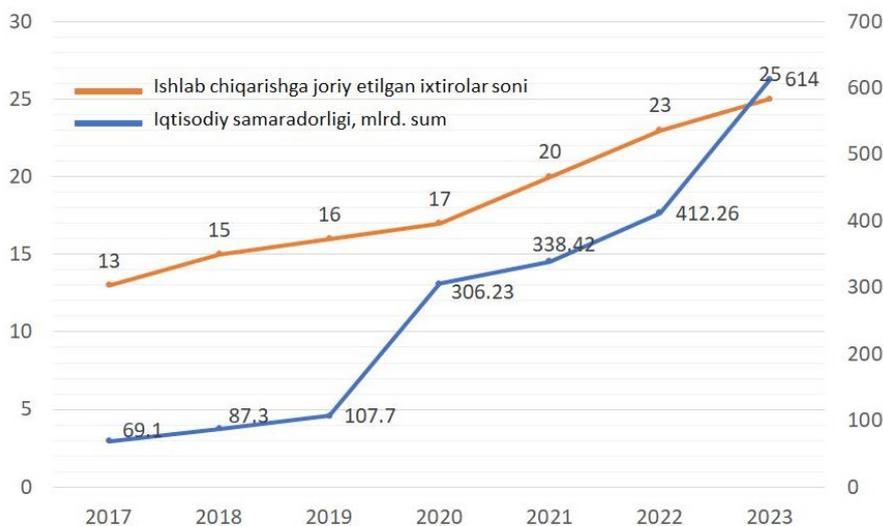
Buning uchun esa bugun aynan shu yo'nalishda ilmiy-tadqiqotlar, izlanishlar olib borish, loyiha va takliflar ishlab chiqish, ixtirolar yaratish hamda ishlab chiqarishga tatbiiq etish uchun kombinatda Yangi texnologiyalarni joriy etish bo'yicha Innovatsiya markazi, Ilmiy-texnik kengash, ilmiy-tadqiqot laboratoriyalari, konstruktorlik va loyihalash byurolari tashkil etildi [8].

Shuning bilan birga, biz ta'lim va kadrlarni qayta tayyorlash yo'nalishiga ham alohida e'tiborni qaratib kelayapmiz. Bu borada Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Toshkent davlat texnika universiteti bilan hamkorlikda olib borilayotgan ishlar tahsinga munosibdir.

Shuningdek, bugungi kunda kombinatimiz respublika va xorijiy nufuzli ilmiy muassasalar, kompaniyalar bilan ham yaqin hamkorlikni amalga oshirayaptiki, bu har jihatdan o'zining yuqori samarasini bermoqda. Misol uchun, bu borada O'zbekiston Fanlar akademiyasi, H. Abdullaev nomidagi Geologiya va geofizika instituti, Mineral resurslar ilmiy-tekshirish instituti, «OzGEORANGMETLITI» DUK, I. Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti bilan birga, dunyoning «Outotec» (Finlyandiya), «Integra RU» MChJ, (Rossiya), «Integra-Group» (AQSh), «Engineering Dobersek GmbH» kompaniyasi (Germaniya), Rossiyaning VNIMI, VNIPI, «SRK consulting limited» kabi yetakchi kompaniyalari, ilmiy-tadqiqot institutlari, ilmiy va muhandislik muassasalari bilan muvaffaqiyatli hamkorlik yo'lga qo'yilgan e'tirofga molikdir.

Shu o'rinda, yirik korxonamizda hozirda 8 nafar fan doktori va 17 nafar fan nomzodi faoliyat olib borayotgani, ular ilm-fan va ishlab chiqarishni integratsiyalashuvini ta'minlayotganini alohida ta'kidlash joiz.

Mamlakatimizda oliy ta'lim tizimini yangi bosqichga ko'tarish, ta'lim sifatini ilg'or xalqaro standartlar asosida takomillashtirish va oliy ta'lim bilan qamrov darajasini oshirish borasida izchil chora-tadbirlar amalga



1-rasm. 2017-2023 yillarda Navoiy kon-metallurgiya kombinatida ixtirolardan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi to'g'risida

oshrilmoqda. Ayniqsa, ta'lim tizimini isloh qilish bo'yicha olib borilayotgan ishlar milliy va xalqaro mehnat bozori talablariga mos raqobatbardosh mutaxassislar tayyorlashga xizmat qilmoqda.

Bizning doimiy hamkorimiz bo'lgan, kombinatga salohiyatli yosh kadrlarni tayyorlab berayotgan Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti oliyog'lar reytingi, sohaga malakali kadrlar tayyorlash bo'yicha yuqori mavqiega ega. Hozirgi kunda ushbu nufuzli oliyog'ha tahsil olayotgan talabalar soni 9,5 ming nafarga yetdi.

Qolaversa, universitetda ilg'or tajribalar asosida ta'lim jarayoniga xalqaro standartlarga asoslangan ilg'or ta'lim texnologiyalari va o'qitish usullarini joriy etilgan. Universitetning rivojlanish strategiyasini xalqaro tajribalarga mos ravishda ishlab chiqish, xalqaro reyting tashkilotlari – QS (Quacquarelli Symonds) va THE (Times Higher Education) ro'yxatiga kiritish maqsadida, xorijiy ekspertlar va hamkor xorijiy oliy ta'lim muassasalari mutaxassislarini jalb etishda Yaponiyaning Akita va Kyushyu, Buyuk Britaniyaning Kembrij va Lids, Ispaniyaning Madrid politexnika, Chiliining Sant'yago, shuningdek, Rossiya, Belarus va Qozog'istonning bir qator universitetlari bilan hamkorlik qilmoqda.

Bugungi kunda universitetda 15 ta xo'jalik shartnomasi, 5 ta ilmiy faoliyatga oid davlat dasturlari doirasida innovatsion loyihalar hamda 662 ming dollar qiymatli 5 ta xalqaro loyiha amalga oshirilmoqda. Mazkur loyihalarga 30 nafar xorijiy professorlar, shuningdek, universitetning 43 nafar mutaxassisi, 140 nafar bakalavr va magistrimiz jalb qilingan [9].

Qolaversa, kombinat ko'magida «Navoiy» ilmiy-texnologiya sanoat parki tashkil etilib, unda rudani tayyorlash, boyitish, minerallarni flotatsiya, gidrometallurgiya va pirometallurgiya usullari bilan qayta ishlash, mashinasizlik, elektr energetikasi bo'limlari va shisha puflash laboratoriyalari faoliyat ko'rsatmoqda.

Oliyog'ha fan doktorlari soni 33 nafarga, fan nomzodlari soni 148 nafarga yetdi. Bugungi kunda universitet ilmiy salohiyati 59 foizni tashkil etmoqda. Shuni alohida ta'kidlash joizki, universitet va «Navoiy konmetallurgiya kombinati» AJ o'rtasida doimiy hamkorlik yo'lga qo'yilgani, talabalarning amaliyot o'tashlari uchun barcha sharoitlar yaratilgani o'zining kutilgandan ziyoda samarasini bermoqda. Shu bilan bir qatorda, talab va ehtiyoj asosida universitetda sanoat, texnika-texnologiya, muhandislik sohalarini xodimlari uchun qayta tayyorlash va malaka oshirish kurslari yo'lga qo'yildi.

Bugun oldimizda yaqinda tasdiqlangan 2024-2030 yillarda kombinatni barqaror rivojlantirish dasturida ko'zda tutilgan vazifalarni bajarishdek ulkan mas'uliyat turibdi. Bu ishlarni amalga oshirish yaqin kelajakda qimmatbaho metallar ishlab chiqarish hajmini 37 foizga oshirish, oltin ishlab chiqarishni 125 tonnaga yetkazish imkonini beradi.

Kombinant jamoasi qo'lga kiritayotgan yutuqlar yangilanayotgan O'zbekiston iqtisodiyotini mustahkamlashga qaratilgan. Ulkan korxonada tarkibida qimmatbaho metallar bo'lgan rudalarni qazib olish va qayta ishlash xajmining yildan-yilga oshib borishi, birinchi navbatda ishlab chiqarish jarayonlariga ilm-fan yutuqlari va yangi inavatsion ishlanmalarning keng joriy etilayotganligi samarasidir. Bu – davr talabi. Zotan, ilm-fan yutuqlari, innovatsion texnologiyalar maxsulot sifati oshishi, tannarxi kamayishi va raqobatbardosh bo'lishiga olib keladi. Kombinantning salohiyatli jamoasi kelgusida ham iqtisodiy yuksalish omili bo'lgan bu boradagi ishlarni izchil davom ettiraveradi.

O'zbekiston soliq tizimining shakllanishi va rivojlanishi xorijiy tajribani o'rganish va ilg'or xorijiy tajribani joriy etish bilan uzviy bog'liqdir. Shu bilan birga, xorij tajribasi bugungi kunda ham uni yanada chuqur o'rganish va mamlakatimiz soliq amaliyotiga joriy etish borasida salmoqli salohiyatga ega. Ya'ni, xorijiy tajribadan foydalanishda har doim mamlakat iqtisodiyoti va soliq tizimining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olish kerak. Xorijiy tajribani o'rganish innovatsion rivojlanish va innovatsion texnologiyalarni rag'batlantirishga qaratilgan ko'plab turli soliq imtiyozlari mavjudligini ko'rsatdi.

Jahon amaliyotida turli xil soliq imtiyozlari bir-birini to'ldiradi, mohiyatiga ko'ra, turli xil iqtisodiy funksiyalarni bajaradi va muayyan

muammolarni hal qiladi. Tezlashtirilgan amortizatsiya sxemalaridan foydalanish asosiy vositalar va ilmiy asbob-uskunalarni nafaqat jismoniy, balki ma'naviy jihatdan ham tez eskirish jarayonini tezlashtirishga imkon beradi, bu esa asosiy vositalarning amortizatsiya ulushi yuqori bo'lgan ichki sektor uchun juda dolzarbdir.

O'z-o'zidan ko'rinib turibdiki, mamlakatimiz soliq siyosati, birinchi navbatda, tadbirkorlik sub'ektlarining investitsiya va innovatsion faolligini, innovatsion jarayonlarni moliyalashtirish uchun korxonaning o'z manbalarini ko'paytirishni rag'batlantirishi kerak.

Shu bilan birga, soliq imtiyozlari qator afzalliklarga ega bo'lib, ulardan biri xo'jalik yurituvchi sub'ektlar faoliyatini faollashtirish va ularni to'g'ri yo'lga qo'yish orqali ko'zlangan maqsadni amalga oshirishda nafaqat davlat mablag'larini sezilarli darajada tejab qolishiga erishish mumkin. Qolaversa, kelajakda byudjetga soliq tushumlarini ham oshirish imkonini beradi.

Yuqorida aytilganlarning barchasi O'zbekistonda tadbirkorlik sub'ektlari, xususan, respublikamizning tog'-kon sanoati korxonalari uchun soliq imtiyozlari va preferentsiyalar berish amaliyotida ham qo'llanilishi mumkin. Eslatib omtamiz, O'zbekiston Respublikasining Soliq kodeksida ham xuddi shunday xususiyatdagi imtiyozlar nazarda tutilgan, biroq ularni amalga oshirish samarasi sezilarli natija berishi uchun barchasini tubdan qayta ko'rib chiqish va takomillashtirish zarur.

Ta'kidlash joizki, sanoat korxonalarini soliqqa tortish mexanizmini imtiyozlar bo'yicha takomillashtirish maqsadida O'zbekiston Respublikasi Soliq kodeksining 312-moddasiga quyidagi qo'shimchalar (o'zgartirishlar) kiritilishi maqsadga muvofiq:

1. Ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, texnik qayta jihozlash va diversifikatsiya qilish, innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish uchun ilmiy-tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlari xarajatlarining ko'paytirilgan qismiga investitsion chegirmalar sifatida daromad solig'i bo'yicha imtiyoz berish zarur bo'ladi.

2. Avstraliya, Kanada, Rossiya va Janubiy Afrika kabi ba'zi mamlakatlar tog'-kon sohasida infratuzilmani qurishni moliyalashtirish, innovatsiyalar va ilmiy-tadqiqot ishlanmalarini subsidiyalash hamda tog'-kon loyihalariga to'g'ridan-to'g'ri investitsiyalar kiritish yo'li bilan tog'-kon loyihalarini amalga oshirishda kon kompaniyalaridan yordam oladi.

Ko'pgina xorijiy tog'-kon mamlakatlarida geologiya-qidiruv xarajatlari qidiruv loyihalarini moliyalashtirishni rag'batlantirish uchun operatsion xarajatlari sifatida kiritiladi. Konchilar ushbu xarajatlarni qoplash uchun yetarli foyda olgandan so'ng, ular bu xarajatlarni ular paydo bo'lgan yil uchun soliq bazasidan to'liq chegirib tashlashlari mumkin bo'ladi.

Shu bilan birga, mamlakatimizda yer qa'ridan foydalanuvchi tomonidan foydali qazilmalarni qazib olish boshlangunga qadar geologik o'rganish va qidirish uchun qilgan xarajatlari amortizatsiya qilinadigan aktivlar guruhida jamlangan xarajatlari summasining 15 foizidan ko'p bo'lmagan miqdorda operatsion xarajatlari sifatida e'tirof etiladi. Binobarin, bizning mamlakatimizda ham geofizikaviy tadqiqotlar xarajatlari operatsion xarajatlari sifatida hisobga olish amaliyotini joriy etish maqsadga muvofiq bo'lar edi.

3. Soliqlar hisobidan sanoat korxonalarida innovatsion g'oyalarni rag'batlantirishga qaratilgan tadqiqotlarni mamlakatimizdagi barcha tegishli oliy ta'lim muassasalarida ilg'or ilmiy tadqiqotlarni moliyalashtirish orqali faol qo'llab-quvvatlash zarur. Bu usullardan biri ilmiy-tadqiqot institutlari va oliy o'quv yurtlari bilan ilmiy-tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlarni olib borish uchun shartnomalar tuzgan sanoat korxonalarini foydasiga soliq imtiyozlarini berish (soliq solinadigan bazani kamaytirish) tizimidan foydalanish muhimdir.

Bizning fikrimizcha, yuqoridagi taklif va amaliy tavsiyalarni ko'rib chiqish va ularni amaliy qo'llash sanoat korxonalarida ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, texnik yangilash va diversifikatsiya qilish jarayonida soliqqa tortish mexanizmini takomillashtirish, innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish va buning natijasida soliqqa tortish mexanizmini takomillashtirishga xizmat qiladi va yuqori iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega bo'ladi.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Ўзбекистон Республикасининг Солиқ кодекси. – Тошкент: Норма, 2020. – 226 бет.
2. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 12 январдаги “Илмий-инновацион ишланмалар ва технологияларни ишлаб чиқаришга жорий этишнинг самарали механизмларини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 24-сон қарори.
3. 2018 йил 5 февралдаги 117-сон буйруғи билан тасдиқланган Навоий кон-металлургия комбинатини 2026 йилгача инновацион ривожлантириш дастури.
4. 2020 йил 4 январдаги 5-сон буйруғи билан тасдиқланган Навоий кон-металлургия комбинатини 2020 йилга мўлжалланган инновацион ривожлантириш дастури.
5. Санақулов Қ.С., Мадаминов Ш.М., Валиев М.В. Навоий КМК инновацион фаолиятини ривожлантириш муаммолари. “Бухоро” нашриёти, 2011. – 404 бет.
6. Санақулов Қ.С. Кон-металлургия ишлаб чиқариши чиқиндиларини қайта ишлашнинг илмий-техник асослари. – Тошкент: “Фан” нашриёти, Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси, 2009. – 404 бет.
7. Қодиров А.А., Санақулов Қ.С., Бибиқ И.П. “Қизилқум ҳудудини инновацион ривожлантириш стратегиясининг концептуал асослари”. “Ўзбекистон” нашриёти, 2013. – 400 бет.
8. Санақулов Қ.С. НКМК Ўзбекистон тоғ-кон саноатининг етакчиси // Ўзбекистон кончилик хабарномаси. – № 4 (75), – Навоий, 2018. 8-13 бетлар.
9. Санақулов Қ.С., Қодиров А.А. “Инновацион кластерлар – мамлакатнинг иқтисодий ривожланишига йўл” // Илмий-амалий “Инновация-2018” конференцияси: илмий мақолалар тўплами. Тошкент, 2018. 23-28 бетлар.

**НФ-630; НФ-1200М-03**

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ  
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ СТАНОК**



**NMZ**  
ЭВАНКИ ЖИЗНИ И МЕЛЛОЛИ

АО «НГМК»  
Производственное объединение  
«Навоийский машиностроительный завод»  
www.ngmk.uz  
Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5  
Тел.: (+99879) 2276214; 227-64-23  
Факс: (+99879) 223-48-78  
E-mail: informz@ngmk.uz

## XX ASR BIRINCHI YARMIDA O'ZBEKISTONIDA GEOLOGIYA QIDIRUV SOHASIDAGI ILMIY IZLANISHLAR TARIXIDAN



**Raupov X.R.,**  
"NKMK" AJ Jamoatchilik bilan aloqalar  
bo'yicha direktor, t.f.n., dotsent

*Maqolada XX asming birinchi yarmida hozirgi O'zbekiston hududida, jumladan, Olmaliq hududida mis konlarini topish maqsadida rus va sovet geologlar tomonidan keng ko'lami geologik qidiruv ishlari olib borilganligi natijasida "Qalmoqqir" koni mis, Qizilqumda oltin konlarining topilish tarixi masalalar tahlil etilgan.*

**Tayanch so'zlar:** qazilma boyliklari, geologlar, geologik qidiruv ishlari, oltin va mis konlari, Qalmoqqir, ilmiy-tadqiqot ishlari.

*В статье проанализированы вопросы из истории открытия месторождения меди Кальмакыр и месторождений золота в Кызылкуме в результате масштабных геологоразведочных работ, проведенных российскими и советскими геологами в первой половине XX века с целью обнаружения месторождений меди на территории нынешнего Узбекистана, в том числе на территории Алмалыка.*

**Ключевые слова:** полезные ископаемые, геологи, геологоразведочные работы, месторождения золота и меди, Кальмакыр, научно-исследовательские работы.

Tarixiy jarayonlar shuni ko'rsatadiki, O'zbekiston hududida olib borilgan geologik qidiruv ishlari to'g'risidagi ma'lumotlar dastlab M.V. Masson [1-6] va O.I. Islamov [7] tadqiqotlarida uchraydi.

Olimlar qadimgi davrdan to XIX asrgacha bo'lgan davrda Markaziy Osiyoda metall qazib olish an'analari va tarixi haqida fikr bildiradilar. Mazkur soha bo'yicha kengroq ma'lumotni M.A. Bubnova o'z izlanishlarida tahliliy o'rganib, Buxoroda oltin qazib olish konlari mavjudligi, Xiva xonligida kumush va mis katta miqdorda qazib olinishi haqidagi ma'lumotlarni qayd etadi [8].

Aytish mumkinki, o'lkada qidiruv ishlarining siyosiy maqsadlarga yo'naltirilgan milliy boyliklarini o'rganish, izlash, qazib olish va tashib ketish loyihasi dastlab Rossiya imperiyasi, keyinchalik sovet hukumati tomonidan amalga oshirildi. Mazkur jarayonni shartli ravishda quyidagi bosqichlarga bo'lishimiz mumkin:

a) XIX asrning 60-70-yillari. Bu davrda o'lka qazilma boyliklarini izlash, qidirish va geologik xaritalarni tuzish ishlari olib borildi;

b) XX asrning 20-30-yillari. Mazkur bosqich qazilma boyliklarini qidiruv tadqiqotlarini olib borish maqsadida kadrlar tayyorlash ishining boshlanishi bilan izohlanadi;

v) XX asrning 40-50-yillari "sovuq urush" munosabatlari sharoitida uran konlarini topish va uni qazib olishni yo'lga qo'yish ishlari bilan bog'liq;

g) XX asming 50-80-yillari. Bu davrda qazilma boyliklarini qayta ishlash sohasida tadqiqot institutlari, konchilik sanoati va kombinatlarning tashkil topishi yuz berdi.

Turkiston Rossiya imperiyasi tomonidan zabt etilgandan so'ng hududdagi yer osti boyliklaridan iqtisodiy maqsadlarni ko'zda tutgan hukumatning sa'y-harakati bilan geograflar tomonidan tadqiqot, qidirish-izlash ishlari boshlab yuborildi. Imperiyaning maqsadi birinchi navbatda, o'lkadagi tabiiy qazilma boyliklarini qidirib topish, uni ishlab chiqarishga jalb qilish rejasi belgilandi.

Imperiya amaldorlari tomonidan XIX asr 60-70-yillaridayoq bu masalaga alohida e'tibor qaratilib, Toshkent shahrida "O'rta Osiyo konchilik jamiyati", "Rus geografiya jamiyatining Turkiston bo'limi" va

"Toshkent kimyo laboratoriyasi" tashkil etiladi [9]. Bu tashkilotlarga hudud tabiiy boyliklarini o'rganish ishlarini olib borish vazifasi qo'yildi.

Turkiston hududidagi, jumladan, Qizilqum sahrosidagi geologik qidiruv ishlari to'g'risidagi dastlabki ma'lumotlar XIX asr ikkinchi yarmida, ya'ni 1874-yilda kon muhandisi Nikolay Barbot-de-Marni (1829-1877-y.) va 1879-yilda geolog I.V. Mushketov (1850-1902-y.) ilmiy ishlarida uchraydi. O'rta Osiyo hududidagi qazilma boyliklarni o'rganishda taniqli geolog olim I.V. Mushketovning hissasi katta. U O'rta Osiyoning to'liq va haqiqiy ilmiy geologik va tektonik sxemasini tuzdi. I. Mushketov tadqiqotidan keyin Qizilqum hududida geologik qidiruv ishlari olib borilmadi [10]. 1907-yilda Markaziy Qizilqumda oltin tarkibli kvarslar mavjudligi biolog olim N.A. Zaruddin tomonidan qayd etildi, ammo uning joylashgan o'rnini aniqlab bo'lmadi. Shuningdek, geolog olim A.D. Arxangelskiy ham Qizilqumning shimoli-g'arbiy qismida oltin konlarini topish maqsadida gidrogeologik qidiruv ishlarini olib bordi.

Ta'kidlash o'rinliki, imperiya davrida ham geologlar tomonidan oltin, kumush, mis kabi qazilmalarga boy konlar topildi. Biroq yirik zavodlar barpo etish orqali ularni sanoat usulida qayta ishlab, katta hajmda tashib ketish ishlari sovetlar davrida boshlandi.

Bu jarayonlar, ya'ni qimmatbaho metall konlarini aniqlash, qazib olish va ularni markazga tashib ketish ishida Markazning geologiya bo'yicha ilmiy-tadqiqot institutlari faol ishtirok etdi. Ularga O'zbekiston SSR hududida oltin, kumush, mis, uran, qo'rg'oshin, volfram, molibden kabi strategik ahamiyatga ega bo'lgan qazilma boyliklarini qidirish ishlari topshiriladi. Bu ishlarga qancha kadr, mablag' va texnikalar zarur bo'lsa, ajratib beriladi.

1918-yilda Toshkentda Turkiston xalq universitetida (hozirgi Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti) geologiya fakultetining tashkil etilishi hududda geologik qidiruv tadqiqotlari keng ko'lmda olib borilishiga xizmat qildi [11]. Bu oliy dargoh nafaqat kadrlar tayyorlash, balki mazkur oliy o'quv yurti geologiya sohasi profesor-o'qituvchilari 1923 yildan boshlab Toshkent viloyatidagi Qoramozor va Olmaliq qishloqlari atrofidagi hududlarda geologik qidiruv ishlarini boshlab yubordi.

1924-yilda O'zbekiston hududida qazilma boyliklarini qidirish ishlari davom ettirilib, birinchi navbatda, qadimdan oltin, kumush va misga boy bo'lgan Olmaliq-Angren hududi o'rganildi. Jumladan, S.F. Mashkovsev rahbarligida olib borilgan geologik tadqiqotlar natijasida Olmaliq daryosi hududida yirik qazilma boyliklari konlari mavjud, degan ilmiy faraz ilgari surilgan edi. Natijada, bu hududni o'rganishga yanada katta e'tibor berila boshlandi [12].

Qazilma boyliklarini qidirishda birinchi navbatdagi tadqiqotlar uchun ob'ekt sifatida Qoramozor va uning shimoliy qismi – Olmaliq, Angren hududi olindi. 1924-yilda geolog I.V. Mushketov "Qalmoqqir" konida yuzaga chiqib qolgan, oksidlangan ma'danlar haqidagi dastlabki ma'lumotlarni taqdim etdi. 1926-yilda "Qalmoqqir" koni geolog B.N. Nasledov tomonidan batafsil o'rganildi. 1926-1927-yillarda konda muntazam geologiya qidiruv ishlari olib borilib, "Qalmoqqir" mis va boshqa konlar polimetall zaxiralari bo'yicha noyob ekanligi qayd etildi. Olmaliq hududidagi "Qoramozor" konida uran, radiy va qo'rg'oshin mavjudligini aniqlash bo'yicha ham geologik qidiruv ishlari amalga oshirildi. Mamlakatda jadallik bilan rivojlantirilayotgan sanoat korxonalarini uchun juda muhim bo'lgan rangli metallar xomashyosi, ayniqsa, misning zarurligi bilan bog'liq edi.

Markaz tomonidan O'zbekistonga yuborilgan geologlar maqsadli geologik qidiruv ishlari olib borib, bu hududning geografik o'rganilishiga ham hissa qo'shdi. Aslida geologlarning asosiy maqsadi qazilma boyliklarini topish va o'z oldilarga qo'yilgan topshiriqlarni bajarish edi. Jumladan, 1927-yilda Markazdan kelgan geologlar I.P. Gerasimov va P.K. Chixachev tomonidan Qizilqum hududining geologik xaritasi tuzildi [13]. Bu xarita, o'z navbatida, moddiy boyliklarni qazib olish va foydalanishning birinchi bosqichida resurslarni o'zlashtirishda katalog vazifasini bajardi.

Sovet hukumatining moddiy boyliklarni qazib olish va tashish siyosati o'lkadan qimmatbaho metall hisoblangan oltinni olib ketishni belgiladi. XX asr 30-yillari boshida "O'zbekol'tinoyobmet" tresti tashkil etilib, uning oldiga ko'proq oltin olish vazifasi qo'yiladi. O'sha paytda oltin va boshqa qazilma boyliklar sanoat usulida katta miqdorda olinmagan. Ohangaron va Chirchiq daryolari hamda Qurama tog'laridagi sochma oltinlar qumni yuvish usulida ajratib olingan. Ammo, oltinni bu usulda olishda qimmatbaho metall yiliga bir necha o'n kilogrammdan oshmagan. Bunday ko'rsatgichlar sovet hukumatini qoniqtirmadi, davlat topshirig'iga asosan, hududda yirik oltin va boshqa qimmatbaho va foydali qazilmalari bo'lgan konlarni topish ishlari davlat nuqtai nazaridan alohida e'tibor qaratildi.

1926-yilning 21-oktyabrida O'zbekiston KPning birinchi sekretari Akmal Ikromov bolsheviklarning Butunittifoq Kommunistik partiyasi O'rta Osiyo Markaziy byurosidadagi ma'ruzasida Olmaliq konlaridagi rangli ma'danlar haqida gapirib o'tadi. 1927-yilda Sovet hukumati tomonidan tashkil etilgan Pomir ekspeditsiyasi tarkibida Sankt-Peterburgdan kelgan geolog V.N. Nasledov tomonidan Olmaliq koni hududida qayta geologik tekshirishlar o'tkazildi.

Uning tavsiyasi asosida bu yerda rangli ma'danlarni sanoat usulida qayta ishlovchi korxonalar qurish rejasini tuziladi. 1932-yildan boshlab Olmaliq kon-ma'danchilik birlashmasiga asos solinib, uning qurilishiga alohida e'tibor qaratildi. Bundan ko'rinadiki, hududga har bir qazilma boyliklari to'g'risidagi ma'lumot va xabarlar Markazdan kelgan geologlar tomonidan e'tiborsiz qoldirilmagan.

Ma'lumki, o'tgan asrning 20-30-yillarida Markazdagi rahbariyat tomonidan sanoatlashirish sur'atining avj oltirilishi tarkibiy jarayonlarning buzilishiga katta ta'sir ko'rsatdi. I.V. Stalin birinchi besh yillikning belgilangan dastlabki topshiriqlaridan voz kechib, 1929 yildayoq sanoat taraqqiyotining "zarbdor sur'atlarni" ta'minlashni talab qildi. Natijada 1930-yildan boshlab sovet davlatida, shu jumladan, sovet O'zbekistonida sanoat qurilishi "ashaddiy hujumkorlik" usulida amalga oshirila boshlandi [14].

Mazkur davrda SSSR kapitalistik davlatlar bilan barcha sohalarida ishlab chiqarish ko'rsatkichlari bo'yicha musobaqa qila boshladi. XX

asrning 30-yillarida SSSR neft, cho'yan va ko'mir ishlab chiqarish bo'yicha oldingi o'rinlarga chiqib oldi. Ammo, mis ishlab chiqarish bo'yicha 1930 yilda 10-o'rinda, qo'rg'oshin bo'yicha 14-o'rinda, rux bo'yicha 17-o'rinda edi. Bu paytda AQSh jahonda ishlab chiqariladigan misning 50 foizini, qo'rg'oshinning 35 foizini, ruxning 30 foizini berardi. Sovet hukumati "raqamlardan" orqada qolishi davlatning xalqaro obro'siga to'g'ri kelmas edi. Shu maqsadda geologlar oldiga mis va boshqa qazilma boyliklar mavjud bo'lgan konlarni qidirib topish vazifasi qo'yilib, ularni qayta ishlash korxonalarini qurilishga e'tibor qaratildi. Shuningdek, qo'rg'oshin va rux metali o'sha vaqtda barpo etilayotgan sanoat korxonalarini va texnikalar uchun zarur edi. Masalan, qo'rg'oshin, birinchi navbatda, turli quvurlar, akkumulyator va elektrodlar ishlab chiqarish uchun kerakli metall hisoblangan. Shu davrda B.N. Nasledov tomonidan "Qoramozor" konida qo'rg'oshin va ruxning 1 million 500 ming tonna zaxirasi borligi aniqlandi.

1931-yil kuzida taniqli geolog M.P. Rusakov boshchiligidagi ekspeditsiya a'zolari tomonidan "Qalmoqqir" konida olib borilgan qidiruv ishlari natijasida sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan yirik mis – molibden koni mavjudligi ilmiy asoslab berildi. Ushbu konda urushdan oldingi yillarda yirik konchilik sanoat majmuasini loyihalashtirish ishlari boshlandi. M.P. Rusakov va A.V. Korolev tomonidan Olmaliq hududidagi mis konlari, jumladan, "Qalmoqqir" konini o'zlashtirish masalalari va uni qayta ishlash bo'yicha mavjud muammolarni hal etish ilmiy jihatdan asoslab berildi.

O'zbekiston hududida qazilma boyliklarini qidirish ishlari yanada kengaydi. Olmaliq geologiya qidiruv jamoasi tomonidan 1931-yil may oyida ish boshlanib, uch yil davomida "Qalmoqqir" konida umumiy uzunligi 16 ming metr bo'lgan 126 ta quduq burg'ilandi, 1300 ta shurf qazildi [15]. 1932-yil O'zbekiston Xalq Komissarlari Kengashi qoshida Geologiya va mineral resurslar sektorlari mavjud bo'lgan Fan qo'mitasi tashkil etildi, keyinroq, uning tarkibida foydali qazilmalar sektori tuzildi. Buning asosida "Geologiya va geologiya asoslari" instituti tashkil etildi.

Geologlar davlat tomonidan qo'yilgan topshiriqlarni bajarish uchun hududda qazilma boyliklarini qidiruv ishlari yanada kengaytirildi. Oltin, kumush, uran, mis va boshqa yer osti boyliklarini izlash borasida olib borilgan ekspeditsiyalarning natijalari, mavjud konlar, ularning zaxiralari, sanoat miqyosida ishlab chiqarish bo'yicha xulosalar ilmiy asoslab berildi. Jumladan, 1935-yilda Leningradda nashr etilgan "Минеральные богатства Средней Азии" to'plamida keyingi 10 yilda hududda olib borilgan geologik qidiruv natijalari e'lon qilindi. Mazkur to'plamga o'sha paytda taniqli bo'lgan geologlarning turli qazilma boyliklari to'g'risidagi 30 ta ilmiy maqolalari kiritildi. To'plamda B.N. Nasledovning O'rta Osiyoda polimetallar (qo'rg'oshin, rux va boshqalar), D.I. Sherbakovning simob va surma, margumush va noyob metallar, N.V. Ioninning qalay, A.F. Sosedkoning qora metallar, A.A. Shuginning kaliy tuzlari, N.V. Shabarovning ko'mir konlari, V.G. Xlopinning gaz konlari, A.V. Kazakovning fosforit va selitra konlari bo'yicha ilmiy maqolalari mavjud edi. Bu, o'z navbatida, Markaziy Osiyo, jumladan, O'zbekiston hududidagi barcha qazilma boyliklari tizimli o'rganilganligini ko'rsatadi. Markaz uchun respublika hududida qazilma boyliklarga boy konlar mavjud ekanligining ilmiy jihatdan isbotlab berilishi ularni o'zlashtirish ishlarining boshlanishiga asos bo'ldi.

1937-yilda O'zbekistonda Geologiya ilmiy tekshirish instituti tashkil etildi. Institut olimlari tomonidan mineral xomashyo boyliklarini tadqiq etishga bag'ishlangan yirik ilmiy asarlar nashr qilindi. Taniqli geolog olimlar – V.N. Nasledovning "G'arbiy Tyanshan va O'zbekiston metallogeniya asosiy belgilari", A.V. Korolevning "Olmaliqning strukturasi va metallogeniya" kabi asarlarda O'rta Osiyo rudali hududlarining geologik tuzilishi, ruda konlari ilmiy jihatdan ko'rsatib berildi.

1938-yilda "Sredazgeotrest" tresti O'zbekiston, Tojikiston, Qirg'iziston, Turkmaniston geologiya boshqarmalariga aylantirilib, ular zimmasiga respublika hududini geologik jihatdan o'rganish, ushbu hududlar doirasida foydali qazilmalarni qidirish, tadqiq qilish vazifasi

yuklatildi. Ikkinchi jahon urushi yillari va undan keyingi davrda O'zbekiston geologlarining asosiy e'tibori yoqilg'i-energetika xomashyolarini qidirish va razvedkasi, shuningdek, qora metallurgiya sanoatini ruda va volfram bilan ta'minlashga yo'naltirilgan edi.

Urush yillarida ham Sovet hukumati tomonidan O'zbekiston hududida qimmatbaho va rangli metallarga boy konlarni o'zlashtirish ishlari to'xtamadi. Olib borilgan geologik qidiruvlar natijasida "Qalmoqqir" konidagi zaxiralari yanada ko'payib, 3 million 763 ming tonna mis, 414 tonna oltin borligi aniqlandi. Ammo ularni qazib olish va tayyor mahsulot olish uchun katta mablag' zarur edi. Soha mutaxassislari misga bo'lgan talabni e'tiborga olib, "Qalmoqqir" konidan yiliga 300-500 ming tonna mis olish uchun 500 ming rubl mablag' talab etiladigan kichikroq zavod barpo etish taklifini berishdi. Bunday korxonani bir necha oyda qurish va 1943 yilda mis olish mumkinligi qayd etildi [16]. Albatta, bu mis va boshqa metallar o'sha davrda birinchi navbatda urush uchun qurol-yarog' chiqarayotgan zavodlarga yetkazib berilishi rejalashtirilgandi. Biroq, boshqa ichki sabablarga yuzasidan mazkur masala o'z vaqtida amalga oshmadi va keyingi rejaga qoldirildi.

Urush yillarida oltin qazib olish ishlari kichik hajmda bo'lsada olib borildi. Bunda oltin qazib olish ishlari bilan artellar shug'ullandi. Oltin, asosan, Olmaliq va Nurota hududlaridagi konlardan olingan. Qazish ishlari unchalik katta bo'lmagan. Masalan, 1941-yilda Olmaliq konlaridan rejadagi 70 kg. o'rninga 7,4 kg., Nurotadagi konlardan 36 kg. oltin olingan bo'lsa, 1942-yilda bu yerdan 170 kg. oltin rejalashtirildi. Albatta, oltin qazib olishni 2-3 marta ko'paytirish uchun "Sredazsvetmetrazvedka" trestining xulosasiga ko'ra "Oltintopgan" va boshqa konlarda ham qazib olish ishlari tashkil etish kerakligi aytiladi [16]. Urushdan keyingi yillarda esa qazilma boyliklarini qidirish ishlari yanada kuchayganligini kuzatish mumkin.

1950-60-yillarda O'zbekistonda O'rta Osiyo Geologiya va mineral xomashyosi ilmiy-tekshirish instituti (1994-yildan O'zbekiston Davlat geologiya mineral resurslar qo'mitasining Mineral resurslar instituti), Neft va gaz konlari geologiyasi, Hidrogeologiya va muhandislik geologiyasi institutlari tashkil etildi. O'zbekiston geologiyasi va mineral resurslarini

o'rganishda H.M.Abdullaev ilmiy rahbarligida hozirgi O'zbekiston Milliy universitetining geologiya bo'limi hamda Toshkent davlat texnika universitetining o'zaro hamkorlikdagi xizmatlari katta bo'ldi. H.M.Abdullaev va N.D.Ushakovlar tomonidan temir rudalar va sheelit skarnlarning joylanish qonuniyatlari aniqlandi. 1950-1951-yillarda geologlar tomonidan Kokpatas hududida oltin borligi bois tadqiqotlar olib borish tavsiya etildi.

Ta'kidlash o'rinliki, 1957-1966-yillarda O'zbekiston geologiya vazirligiga ko'plab tarmoq tashkilotlari birlashtirilgandan keyin oltin konlarini izlash ishlari yanada kengaydi. Taniqli geolog H.T.To'laganov rahbarligida bu sohaga alohida e'tibor qaratildi, uning tashabbusi bilan Samarqand geologik ekspeditsiyasi tashkil etildi. I.H.Hamrabaev, R.R.Usmonov, Yu.N.Mordvinsev, P.V.Xramishkin va L.Z.Paley kabi geologlar Tomditovda olib borilgan keng qamrovli geologik qidiruv ishlari natijasida bu hududda oltin konlari mavjudligi to'g'risida o'z ilmiy xulosalarini berdilar.

Xulosa qilib aytganda, O'zbekiston hududida qazilma boyliklarini qidirish va o'zlashtirish ishlari dastlab Rossiya imperiyasi, keyinchalik Sovet davlati tomonidan maqsadli loyihalar asosida amalga oshirildi. Bu loyihalar imperiya davrida o'lkadagi barcha yer osti qazilma boyliklarini qidirish va geologik xaritasini tuzish ishlari bilan belgilangan bo'lsa, Sovet hukumati davrida geologlar guruhi bosqichli rejalar asosida o'lka hududini o'rganishga to'xtovsiz yuborildi. Buning uchun maxsus tadqiqot institutlari va o'rganish jamiyatlari jalb qilindi.

Hukumat tomonidan o'lkaning tabiiy boyliklarini izlab topish va ko'proq tashib ketish maqsadida yetarli mablag' va texnika bilan ta'minlandi. Ayniqsa, bu jarayon Ikkinchi jahon urushi yillarida kengayib, Markazdan yuborilgan geologlar respublikaning qariyb barcha hududlarida izlanishlar olib borishdi, yuzlab turli mineralga boy qazilma boyliklar konlarini topishga muvaffaq bo'lishdi.

Keyingi bosqichda sovetlarning mazkur boyliklarni o'zlashtirish vazifasidan kelib chiqib, qazilma boyliklarini qazib oladigan va xom ashyo tarzida qayta ishlaydigan yirik sanoat korxonalarini qurish ishlari amalga oshirildi.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Массон М.Е. Археологические материалы к истории горного дела Средней Азии. Горные инструменты // Бюллетень САГРПУ. – № 2. – Ташкент, 1930. – С. 38-48.
2. Массон М.Е. К истории горной промышленности Кара-Мазара // Труды Таджикской базы АН СССР, Т. 4. – М.-Л., 1935. – С. 215-238.
3. Массон М.Е. Из истории добычи меди в Средней Азии в связи с прошлым Алмалыка // Труды ППЭ 1934 г. – М.-Л. 1936. вып. 37. – С. 27-28.
4. Массон М.Е. К истории черной металлургии Узбекистана. – Ташкент, 1947. – 64 с.
5. Массон М.Е. К истории горного дела на территории Узбекистана. – Ташкент: АН УзССР, 1953. – 74 с.
6. Массон М.Е. К истории черной металлургии Узбекистана. – Ташкент, 1947. – 64 с.
7. Исламов О.И. Зарождение и развитие геологических знаний в Средней Азии с древнейших времен до начала XIX столетия: автореф. дис. ... д-ра ист. наук. – Москва: Изд-во МГУ, 1961. – 42 с.
8. Бубнова М.А. Добыча полезных ископаемых в Средней Азии в XVI-XIX вв. – Москва: Наука, 1975. – С. 85-90.
9. Закирова М.Х. Туркестанский отдел Императорского Русского географического общества: создание, структура, деятельность конец XIX – начало XX в. Дисс. канд.ст. наук. – Москва, 2023. – С. 169-219.
10. Navoiy KMK Markaziy arxiv. 1-fond, 78- ro'yxat, 1329-ish, 7-varaq.
11. Рудные месторождения Узбекистана. – Ташкент: ГИДРОИНГО, 2001. – 11 с.
12. Исламов О.И. Очерки по истории геологического изучения Средней Азии. – Ташкент: Изд-во АН Узб. ССР, 1956. – 147 с.
13. Navoiy KMK Markaziy arxiv. 1-fond, 78- ro'yxat, 1329-ish, 8-varaq.
14. Мустабид тузумини Ўзбекистон миллий бойликларини талаш сиёсати: тарих шохидлиги ва сабоқлари. (1865-1990 йиллар). – Тошкент: Шарқ, 2000. – Б. 104-207 бетлар.
15. Оруджов У.С., Исаков М.М. История и развитие открытых горных работ на одном из крупнейших рудников мира – рудоуправлении «Кальмакыр» // Горный вестник Узбекистана. – №4(79). – Навои 2019. – 9 с.
16. O'zbekiston Milliy arxiv. R-837-fond, 32-ro'yxat, 3538- hujjat, 5-8-varaq.

# КРМГ в Узбекистане – компания «Большой четверки»

Самый быстрорастущий офис КРМГ в Центральной Азии и Кавказе. Международная сеть фирм, предоставляющих аудиторские, налоговые и консультационные услуги.

Целью своей деятельности КРМГ видит превращение профессиональных знаний в реальную экономическую выгоду в интересах своих клиентов, сотрудников и международных рынков капитала.

Количество сотрудников компании составляет 320 человек.

## Аудит



Аудит финансовой отчетности, подготовленной в соответствии с Международными стандартами финансовой отчетности (МСФО, ОПБУ США)



Услуги, связанные с аудитом



Услуги в области учета и отчетности

## Налоговое и юридическое консультирование

- Налогообложение юридических лиц
- Юридическое консультирование
- Услуги частным клиентам
- Налогообложение физических лиц и консультации

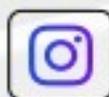
## Консультационные услуги

- Инвестиции и рынки капитала
- Управленческое консультирование
- Консультирование по управлению рисками

## Social Media Contacts



KPMG Uzbekistan



kpmg\_uzbekistan



KPMG Uzbekistan



KPMG Career CA

Ташкент, Международный бизнес-центр,  
проспект Амира Темура, 107-Б,  
11-й этаж, блок А  
Телефон: +998 78 147 77 44  
Факс: +998 78 147 77 44  
Электронная почта: [info@kpmg.co.uz](mailto:info@kpmg.co.uz)

[kpmg.co.uz](http://kpmg.co.uz)



## Simba E7

Буровые установки «Epiroc» для промышленного бурения при проведении подземных горных работ.