

О'zbekiston

ISSN 2181-7383

# KONCHILIK

# ХАВАРНОМАСИ

# 1

№ 88

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRISH JURNALI

Yanvar - Mart 2022

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# ГОРНЫЙ ВЕСТНИК

УЗБЕКИСТАНА



## РОСТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

На карьерах «Даугызтау» и «Магрибкон» добыто более 33 млн кубометров горной массы.

# — Линейка оборудования Variomec XS

**normet**  
NORMET.COM

Выполнение всех потребностей в логистике  
в подземных выработках самым безопасным  
доступным решением



**ПРОЧНЫЙ    КОМПАКТНЫЙ    НАДЕЖНЫЙ    МОДУЛЬНЫЙ    ГИБКИЙ**



Variomec XS 115 PER



Variomec XS 035 CREW



Variomec XS 040 MAT

**СООБЩИТЕ НАМ СВОИ ПОТРЕБНОСТИ!**

Normet International Ltd.

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

Тел: +998 93 390 0799    Факс: +998 78 140 92 92

O'zbekiston

# KONCHILIK XABARNOMASI

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQUARISH JURNALI

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

#### Ta'sischiilar:

"Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ, Navoiy davlat konchilik instituti, O'zbekiston geotexnologiya va rangli metallurgiya ilmiy-tadqiqot va qidiruv-loyihalashtirish instituti "O'zGEORANGMETLIT" MChJ

#### Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:

"Navoiy KMK" AJ, "Olmaliq KMK" AJ, "O'zGEORANGMETLIT" MChJ

#### Bosh muharrir:

U.Z. Sharafutdinov

#### Bosh muharrir o'rinbosari:

Sh.Sh. Alikulov

#### Texnik va badiiy muharrir:

F.Yu. Zairova

**Tahririyat Kengashi:** V.A. Belin (Rossiya), A.G. Vorobiev (Rossiya), A.E. Vorobiev (Rossiya), V.E. Dementiev (Rossiya), O.V. Mishina (Germaniya), B.R. Rakishev (Qozog'iston), Z.A. Razykov (Tojikiston), I.B. Tabakman (Kanada), A.N. Shashenko (Ukraina), X.A. Akbarov (O'zbekiston), S.A. Abdurahmonov (O'zbekiston), B.V. Gulyamov (O'zbekiston), Sh.Sh. Zairov (O'zbekiston), B.F. Muhiddinov (O'zbekiston), I.T. Misliboev (O'zbekiston), A.M. Mahmudov (O'zbekiston), O.M. Mustakimov (O'zbekiston), T.I. Nurmurodov (O'zbekiston), B.R. Raimjanov (O'zbekiston), A.B. Rahmatov (O'zbekiston), M.G. Sagdieva (O'zbekiston), Q.S. Sanaqulov (O'zbekiston), N.P. Snitka (O'zbekiston), A.X. Turesebekov (O'zbekiston), X.I. Hamidov (O'zbekiston), U.A. Ergashev (O'zbekiston), M.M. Yoqubov (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 Innovatsion markaz  
Tel.: +99879 227-81-59

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

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

#### 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:

«NKMK JAMGARMASI» DM bosmaxonasida  
210100, Navoiy shahri, Janubiy ko'chasi, 25 uy  
Tel.: +99879 227-75-56

Nashr etishga 10.02.2022 y. imzolandi

A3 formatda. Adadi 100 nusxa

© O'zbekiston konchilik xabarnomasi 2022

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

#### Учредители:

Акционерное общество «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навоийский государственный горный институт, Узбекский научно-исследовательский и проектно-исследовательский институт геотехнологии и цветной металлургии ООО «O'zGEORANGMETLIT»

#### При финансовой поддержке:

АО «Навоийский ГМК», АО «Алмалыкский ГМК», ООО «O'zGEORANGMETLIT»

#### Главный редактор:

Шарафутдинов У.З.

#### Зам. главного редактора:

Аликулов Ш.Ш.

#### Технический и художественный редактор:

Заирова Ф.Ю.

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

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

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна

За точность фактов и достоверность информации ответственность несут авторы

#### Адрес редакции:

210100, г. Навои, ул. Навои, 27  
Инновационный центр НГМК  
Тел.: +99879 227-81-59

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

**Веб-сайт:** <http://www.gorniyvestnik.uz>; <http://uzjournals.edu.uz/gorvest>

#### Обложка, дизайн, компьютерная вёрстка:

Заирова Ф.Ю.

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

Шарафутдинов У.З.

#### Отпечатано:

в типографии ГУ «ФОНД НГМК»  
210100, г. Навои, ул. Южная, 25  
Тел.: +99879 227-75-56

Подписано в печать 10.02.2022 г.

Формат А3. Тираж 100 экз.

© Горный вестник Узбекистана 2022

ISSN 2181-7383



4 780010 201760 >

# MUNDARIJA / ОГЛАВЛЕНИЕ

## GEOTEKNOLOGIYA / GEOTEKHOLOGIYA

- Раимжанов Б.Р., Гайбуллаев Х.К., Байков В.Н., Бердиев Ж.И.** Эффективные методы захоронения полигонов с радиоактивными отходами на хвостохранилище РУ «ГМЗ-1» АО «НГМК»..... 4
- Байназов У.Р., Тошов Ж.Б., Атакулов Л.Н., Заирова Ф.Ю.** Анализ современного состояния циклично-поточной технологии с ленточными конвейерами на угольных разрезах..... 8
- Раимжанов Б.Р., Хакимов Ш. И., Хамзаев С.А., Равшанов А.А.** Технологическая схема подэтажной системы разработки с искусственными целиками из твердеющих смесей для сложных геомеханических условий..... 16
- Назаров З.С., Гиязов О.М., Носиров Б., Мехмонов М.Р.** Физическое моделирование действия шпурового заряда с различными типами забойки с использованием эффекта электрогидравлического разрыва..... 21
- Куролов А.А., Тухташев А.Б., Ражабов Э.Х.** Зависимость параметров эффективности экваторно-автомобильных комплексов от продольных уклонов технологических трасс..... 24

## GEOLOGIYA / GEOLOGIYA

- Ризаев М.М., Ташпулатов Ш.Т., Мусаев А.М., Джуманиязов Д.И.** Фенинизация и связанное с ней оруденение в Кошрабадском интрузиве (западный Узбекистан)..... 28
- Мирусманов М.А., Тангиров А.И., Абдунабиева М.В., Хайдаров З.Х.** Исследование AU/AG отношения на рудопроявлении «Рудная зона № 2» Окжетпесского рудного поля..... 36
- Каримова Ф.Б., Джуманиязов Д.И., Усманова Ш.В.** Малые интрузии и оруденение месторождения Ёшлик (Алмалыкский район)..... 41
- Оролов А.К., Карабаев М.С., Амиров Е.М.** Ziyovuddin tog'laridagi Oqmozor intruzivining petrogeokimyoviy xususiyatlari..... 48
- Шарипов Ш.Ф., Мирзаев А.У.** Минеральные соли современных озер Тузкудук и Сайлякудук в Центральных Кызылкумах..... 53

## BOYITISH VA METALLURGIYA / БОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

- Санакулов К., Мустакимов О.М., Ткаченко Е.С.** Разработка технологии переработки золотосодержащих руд месторождения Сармич... 58
- Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Кодиров А.У., Халилова И.Р.** Technologik eritmalardan uranni sorbsiyali ajratib olishda xlor ionlarini ta'sirini tadqiq qilish..... 64
- Тураходжаев Н.Д., Маткаримов С.Т., Бердияров Б.Т., Юлдашева Н.С.** Rudnotermik tiklash usuli yordamida mis eritish shlaklarini qayta ishlashning termodinamikasi..... 68
- Рахманов И.Ю., Абдурахмонов С.А., Шакаров Т.И.** Исследование физико-химических свойств забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр»..... 74
- Хожамов У.У., Самадов А.У.** Elektron lomdan metallarni ajratib olish imkoniyatlari..... 77

## ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

- Бердиев Д.М., Юсупов А.А., Ибодуллаев Т.Н.** Особенности структурообразования доэвтектидных конструкционных сталей при различных режимах термоциклической обработки..... 80
- Сайдалимов А.С.** Исследование месторождений ценных металлов с помощью бурения скважин и с использованием электромагнитных волн..... 83
- Бердиев Д.М., Ташматов Р.К., Абдуллаев А.Х.** Повышение стойкости инструмента холодной штамповки методом нестандартных режимов термической обработки..... 89
- Аллаяров Р.М., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М.** Инструментальные методы количественного определения урана и сопутствующих элементов в пробах забалансовых урановых отвалов..... 92

## ELEKTROENERGETIKA / ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А., Пардаева Ш.С.** Исследование и оценка технического состояния горного и транспортногo оборудования глубоких карьеров ..... 95
- Абдураззоков У.А., Анваржонов А.А., Обитов Н.М.** Анализ критериев оценки энергетической эффективности грузовых автомобилей в условиях эксплуатации..... 99
- Эшев Х.Х.** Роль современных источников реактивной мощности для регулирования напряжения в Навоийском энергорегионе..... 103

## EKOLOGIYA / ЭКОЛОГИЯ

- Санакулов К., Санакулов У.К.** Принципиальные подходы к экологическим вопросам горно-металлургической отрасли..... 106
- Разыков З.А., Мирбобоев Ш.Ж., Ходжибаев Д.Д.** Пластовая вода газонефтяного месторождения как фактор влияния на окружающую среду (на примере месторождения Айритан)..... 114

## MA'LUMOT / ИНФОРМАЦИЯ

- Воробьев А.Е.** Работа высшей школы в условиях пандемии Covid-19 117
- Рахимова Ш.К.** Born by friendship of the people..... 123

## REKLAMA / РЕКЛАМА

- На обложке:  
«Normet international LTD»  
«INTERTECH Process Technology»  
Epiroc  
В тексте: ПО «НМЗ»

Scientific, technical and industrial journal

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

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

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

**Editorial Board:** **Belin V.A.** (Mining Institute NUST MISIS, Russia), **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), **Akbarov Kh.A.** (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), **Abdurahmonov S.A.** (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), **Gulyamov B.V.** (State Committee for Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan), **Zairov Sh.Sh.** (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), **Nurmurodov T.I.** (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), **Muhiddinov B.F.** (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), **Misliboev I.T.** (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), **Makhmudov A.M.** (Navoi State Mining Institute, Uzbekistan), **Mustakimov O.M.** (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), **Raimzhanov B.R.** (State Unitary Enterprise "Uzbek Scientific Research and Design and Survey Institute of Geology and Nonferrous Metallurgy "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), **Snitka N.P.** (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), **Turesebekov A.Kh.** (Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Uzbekistan), **Hamidov X.I.** (Navoi State Mining Institute, 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 JSC «NMMC».

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

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

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

**Indexing:** Ulrich's Periodicals Directory.

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

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

## CONTENTS

### GEOTECHNOLOGY

- Baynazov U.R., Toshov Zh.B., Atakulov L.N., Zairova F.Yu.** Analysis of the current state of cyclic-flow technology with belt conveyors in coal mines..... 8
- Raimzhanov B.R., Khakimov Sh.I., Khamzaev S.A., Ravshanov A.A.** Technological diagram of the under-level system artificial developments from solid mixtures for difficult geomechanical conditions..... 16
- Kurolov A.A., Tukhtashev A.B., Razhabov E.Kh.** Dependence of efficiency parameters of exquator-automobile complexes on longitudinal slopes of technological routes..... 24

### GEOLOGY

- Rizaev M.M., Tashpulatov Sh.T., Musaev A.M., Dzhumaniyazov D.I.** Fenitization and related mining in Koshrabad intrusive (western Uzbekistan)..... 28
- Karimova F.B., Dzhumaniyazov D.I., Usmanova Sh.V.** Small intrusions and mineralization of the Yoshlik deposit (Almalyk district)..... 41

### BENEFICIATION AND METALLURGY

- Sharafutdinov Yu.Z., Radzhabboev I.M., Kodirov A.O.** Study of the influence of chlorine ions on the sorption separation of uranium from technological solutions..... 64
- Turakhodjaev N.D., Matkarimov S.T., Berdiyarov B.T., Yuldasheva N.S.** Thermodynamic processing of copper slags using ore-thermal reduction method..... 68

### ECOLOGY

- Sanakulov K., Sanakulov U.K.** Principled approaches to environmental issues in the mining and metallurgical industry..... 106
- Razykov Z.A., Mirboboev Sh.Zh., Khodzhibaev D.D.** Reserved water of gas-oil field as a factor of influence on the environment (by the example of the Ayritan field)..... 114

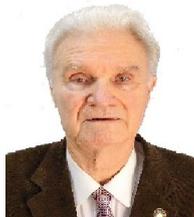
## ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ПОЛИГОНОВ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ РУ «ГМЗ-1» АО «НГМК»



**Раимжанов Б.Р.**,  
профессор кафедры «Горное дело»  
филиала НИТУ «МИСиС» (г. Алматы)  
д.т.н.



**Гайбуллаев Х.К.**,  
начальник НИЛ ПГ ООО  
«O'zGEORANGMETLITI»



**Байков В.Н.**,  
начальник сектора НИЛ ПГ ООО  
«O'zGEORANGMETLITI»



**Бердиев Ж.И.**,  
заместитель главного инженера  
РУ «ГМЗ-1» АО «НГМК»

*Pulpadan loy-gil fraktsiyalarini yig'ish orqali eng katta qoldiq xaritasida birlashtirilgan ekran orqali radiatsiyaviy fonning atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish va gidrosferaning chiqindi suvlari bilan ifloslanishini oldini olish mumkin, ya'ni, radiatsiyaviy xavfli omillarning atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish, chiqindi suvli fazaning yer osti suvlariga ta'sirini kamaytirish.*

*Ushbu usulning amalga oshirilishi kar'yer materiallaridan foydalanishda mexanizatsiyalashgan usul bilan solishtirganda radioaktiv chiqindilarni yo'q qilish uchun solishtirma kapital xarajatlarni 4,18 barobardan ko'proq kamaytirish imkonini berdi.*

*Bularning barchasi tabiatni muhofaza qilish davlat qo'mitasi tomonidan xaritaning ishlashiga qo'yilgan ta'qiqni bekor qilish va zavodning keyingi 10-12 yil davomida chiqindilarni saqlashni ta'minlash imkonini berdi.*

**Tayanch iboralar:** to'g'on, zarracha o'lchami taqsimoti, namlik, zichlik, filtrga qarshi ekran, radiatsiyaga qarshi ekran, radiatsiya, atala, yuvish, atala quvuri, ko'mish, qoldiq saqlash ombori.

*Путем отбора пылевато-глинистых фракций из пульпы, на карте самого большого по площади хвостохранилища с помощью комбинированного экрана возможно снизить влияние и воздействие радиационного фона на окружающую среду и предотвратить загрязнение гидросферы хвостовыми водами, а именно, снизить воздействие радиационно-опасных факторов на окружающую среду, снизить влияние водной фазы на подземные воды.*

*Реализация этого способа позволила уменьшить более чем в 4,18 раз удельные капитальные затраты на захоронение радиоактивных отходов по сравнению с механизированным способом при использовании карьерного материала.*

*Все это позволило снять запрет на эксплуатацию карты, наложенного Госкомприродой, и обеспечить заводу складирование хвостов на ближайшие 10-12 лет.*

**Ключевые слова:** дамба, гранулометрический состав, влажность, плотность, противодиффузионный экран, противорадиационный экран, радиация, пульпа, намые, пульпопровод, захоронение, хвостохранилище.

Хвостохранилище ГМЗ-1 относится к хвостохранилищам равнинного типа и состоит из карт примыкающих одна к другой, введено в эксплуатацию в 1964 г. и предназначалось для складирования отходов переработки ураносодержащих руд. Общая площадь хвостохранилища 630 га. Эксплуатация хвостохранилища осуществлялась последовательным строительством и вводом в эксплуатацию карт, по мере готовности.

Хвостовое хозяйство включает в себя хвостохранилище из 7 карт (рис. 1), систему гидротранспорта, дренажную завесу, систему оборотного водоснабжения.

Хвостохранилище, в период с 1964 по 1994 г. предназначалось для складирования хвостов переработки ураносодержащих руд. С 1995 г. переработка урановых руд прекращена, в хвостохранилище для захоронения отходов уранового производства укладываются хвосты переработки золотосодержащих руд, а также отходы концентрата, получаемого при подземном выщелачивании ураносодержащих руд.

Сведения о картах представлены в табл. 1.

Дренажная завеса включает в себя 24 скважины, построена в 1986 г. для снижения уровня подземных вод и защиты от подтопления прилегающих к хвостохранилищу орошаемых земель.

Благодаря частичному перехвату завесой фильтрационных хвостовых вод из хвостохранилища также снижается загрязнение

подземных вод. Откачиваемая вода подается в систему технического водоснабжения ГМЗ-1.

Система гидротранспорта хвостов включает головную пульпонасосную станцию ПНС-1, магистральные пульповоды, пульпонасосную станцию второго подъема, распределительные пульповоды.

Головная пульпонасосная станция расположена на площадке ГМЗ-1 на отметке 371,5 м. Забор пульпы производится из зумпфа. Магистральные пульповоды длиной 4,2 км состоят из двух линий: одна рабочая, другая резервная. Пульповоды наземной прокладки в обваловании, без компенсаторов, диаметром 530x12 мм.

Пульпонасосная станция второго подъема ПНС-2 расположена рядом с хвостохранилищем на отметке 367,6 м. Распределительные пульповоды проложены в одну нитку на гребне дамб хвостохранилища диаметром 530x12 мм, пульповыпуски диаметром 100, 150, 200 мм.

Карты 7-1, 2 расположены в южной части хвостохранилища. Заполнены в основном хвостами переработки урановых руд на 98-100% существующей емкости. Постоянное складирование на карты не ведется. Пульпа на эти карты подается эпизодически для смачивания пляжей, чтобы предотвратить пыление. Карта 1-7 используется также для сброса пульпы при аварийных ситуациях.

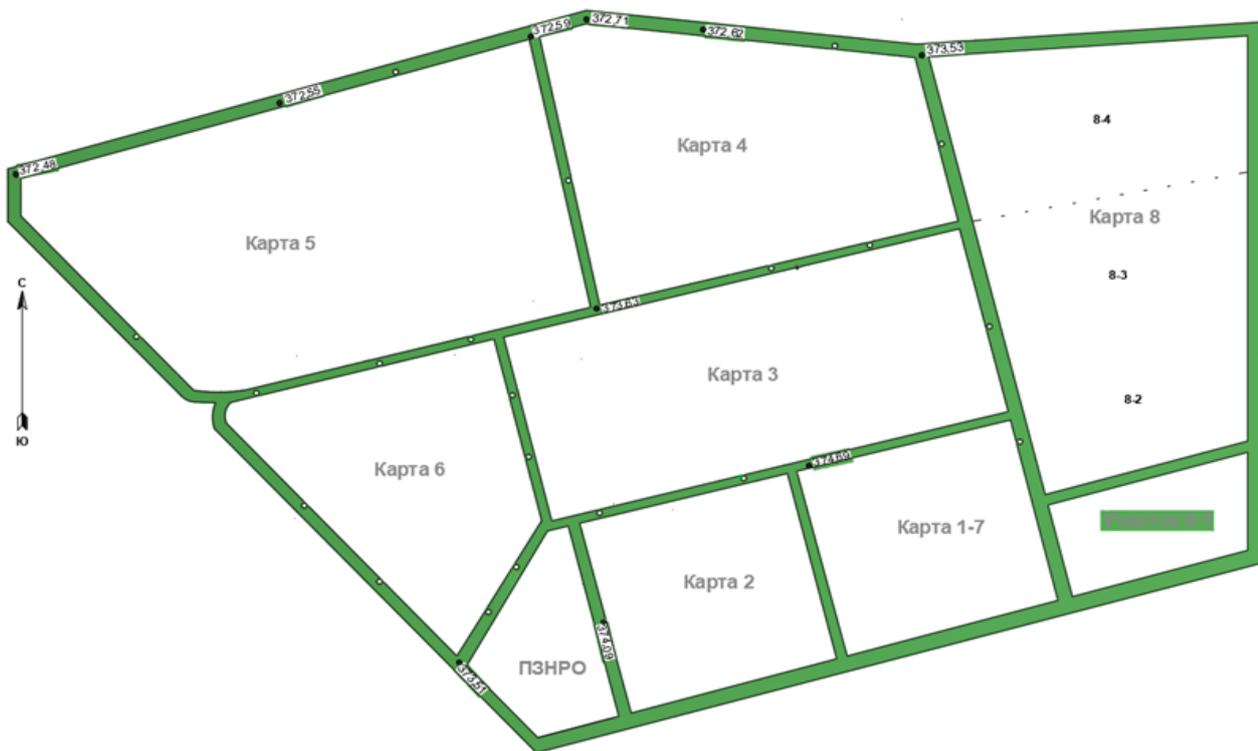


Рис. 1. Схема состояния хвостохранилища РУ "ГМЗ-1"

В связи с небольшим объемом песковой фракции (10-20%) в исходной руде в начальный период работы завода карты 1-7, 2 и 3 были построены наливного типа. Площади карт ограждены дамбами высотой 15 м. Дамбы возведены из местных суглинков и укатаны до плотности 1,65 т/м<sup>3</sup>. На внутренних откосах дамб уложен экран из серо-зеленой глины толщиной 0,5 м, который переходит в понур шириной 30 м. Экран и понур защищены от температурных воздействий защитным слоем местного грунта толщиной 0,5 м. Дно чаши карт не экранировано.

При первоначальных исследованиях различных типов экранов, консолидации хвостовой пульпы и их водоотдачи, проводились опытные намывы с определением грансостава и плотности укладки хвостов на пляжах. В результате этих работ была установлена экранизирующая способность илов хвостовой пульпы, что позволило в дальнейшем отказаться от экранизации центральной зоны отдельных карт хвостохранилища при строительстве.

При перепрофилировании завода на переработку золотосодержащих руд в хвостохранилище стала поступать пульпа иного состава, непригодного для намыва материала (диаметр средневзвешенных частиц, составлял в пределах 0,032-0,041 мм). Процентный состав фракций (0,070-0,111 мм) формирующий основные пляжные зоны, снизился с 37,4 до 12,6%, а в отдельных местах до 2,0%. Это стало приводить к снижению основных характеристик отложений, обеспечивающих устойчивость упорных призм.

Результаты исследований и проведенных анализов гранулометрического состава хвостов золотоизвлекательного производства показали, что эти хвосты непригодны для возведения дамб хвостохранилища намывным способом.

Проведенные исследования лабораторией по контролю технологии намыва с целью ее своевременной корректировки для исключения формирований слабopочных отложений в зоне опорных призм, дали возможность скорректировать технологию укладки хвостов [1, 2]. После этого, карты 4, 5 и 8 стали работать как налив-

ные, до этого, северные дамбы этих карт были намывы из хвостов переработки урановой руды.

Объем твердого, от переработки золотосодержащих руд составляет около 1910 тыс. т/г, объем отходов прочих производств 20 тыс. т/г. При консистенции пульпы Т : Ж (проектной) 1 : 3,0; поступление жидкой фазы составляет около 4000 тыс. м<sup>3</sup>/г.

Таблица 1  
Сведения о картах хвостохранилища РУ «ГМЗ-1»  
(по состоянию на 01.09.2021 г.)

№ карт	Размер карт, м		Площадь карт, га	Средняя отметка основания карты, м		Средняя отметка заполнения, м
	длина	ширина		Северная	Южная	
1-7	600	650	39	Северная 363,00 Южная 368,00 Средняя 365,00	372,50	
2	800	650	52	Северная 363,00 Южная 368,00 Средняя 365,00	372,50	
3	1500	650	98	Северная 358,00 Южная 363,00 Средняя 360,50	372,50	
4	1250	675	94	Северная 351,80 Южная 354,55 Средняя 353,175	373,50	
5	1400	925	113	Северная 353,00 Южная 375,50 Средняя 355,25	373,50	
6	1000	625	48	Северная 364,00 Южная 368,00 Средняя 366,00	373,50	
8	1700	1100	186	Северная 352,00 Южная 363,00 Средняя 357,00	368,50	

Для схематизации системы хвостохранилище-водонасосный горизонт, принято, что все карты представляют единый техногенный объект, не имеющий противодиффузионного экрана, кроме карты 6 и карты 8, инфильтрация жидкой фазы пульпы происходит из прудка через слой хвостовых отложений в естественный водонасосный горизонт.

На ГМЗ-1 в настоящее время перерабатываются золотосодержащие руды нескольких месторождений, разрабатываемых предприятиями НГМК, сернокислотные растворы сульфата урана геотехнологических рудников. Производятся: жидкое стекло, фильтровальный и формовочный пески. Осуществляется переработка магнитной фракции с получением железного купороса в виде раствора и кристаллической соли. Проводится паспортизация руд месторождений НГМК. Объединенные хвосты указанных производств поступают на хвостохранилище.

Водная фаза растворов этих хвостов содержит ионы: кальция, натрия, магния, калия и других элементов, анионы: бикарбонаты, карбонаты, сульфаты, циниды, роданиды, нитраты, а также уран и продукт его распада.

Для обеспечения требований санитарных норм необходимо вести систематическое наблюдение-мониторинг за ведением намыва противодиффузионного экрана, геотехнического контроля состояния как захороняемых, так и захоронённых участков карт хвостохранилища, дозиметрического контроля и анализа получаемых результатов.

Все это, отвечает требованиям и рекомендациям Государственной экологической экспертизы и определяет необходимость продолжения проведения научно-исследовательских работ по технологии сооружения противорадиационного экрана с разработкой мероприятий по предотвращению негативного воздействия хвостохранилища на окружающую среду [2].

Внедрение гидравлического способа возведения противорадиационного экрана на картах хвостохранилища из хвостов переработки золотосодержащих руд позволяет сэкономить значительные средства. Экологическая реабилитация хвостохранилища предусматривает выполнение работ в 2 этапа – сооружение противорадиационного экрана гидравлическим способом мощностью не менее 2,0 т из хвостов переработки золотосодержащих руд. Экран намыт на площади карт 3, 4, 5, 6 и 8 на 90-96%. Реализация этого этапа захоронения позволила снизить более чем в 4,18 раз удельные капитальные затраты на захоронение радиоактивных отходов по сравнению с механизированным способом при использовании карьерного материала с автотранспортом [3-5].

Заполнение карт хвостохранилища ведется в соответствии с годовым утвержденным планом-графиком складирования, предусматривающим попеременную эксплуатацию карт, которая вызывает эффективность процесса испарения влаги с поверхности пляжей и прудков. Учитывая ежемесячное поступление пульпы на хвостохранилище и существующие остаточные объемы карт, определяется очередность и длительность подачи пульпы на каждую карту. При складировании хвостов завершается намыв противорадиационного экрана на картах 3, 4, 5 и 8.

С начала эксплуатации в хвостохранилище накоплено около 60 млн т твердой фазы урановых хвостов. Содержание урана в твердых отходах 50-60 мг/кг, удельная альфа-активность 8-10 Бк/кг. Всего хвостов накоплено 81086909,5 т (урановых и золотых) [6].

По результатам наблюдений за изменением уровня подземных вод гидродинамическое воздействие хвостохранилища фиксируется на площади 6,9 км<sup>2</sup>. Расход естественного потока подземных вод на участке хвостохранилища составляет около 8068 м<sup>3</sup>/сут, что в восемь раз превышает расходы фильтрационного потока в полосе источника загрязнения вод на участке хвостохранилища.

Проведенный анализ гидрогеологической обстановки в настоящее время показывает, что изменения химического состава подзем-

ных вод практически не обнаружено. Наблюдается только увеличение минерализации по отдельным наблюдательным скважинам, в основном за счет сульфат-ионов. Содержание радионуклидов за все время эксплуатации не изменилось и держится на уровне фоновых значений, которые были до начала работ по захоронению [7].

Водная составляющая, заполняющая поры хвостовых отложений, оказывает большое влияние на свойства складированного материала и увеличивает плотность создаваемого экрана.

Прочность, уплотняемость, пластичность, липкость, пористость, набухание и другие свойства отложений в значительной степени зависят от увлажненности. Влажность хвостов зависит от гранулометрического состава, периода между намывами, мощности слоя намыва и климатических факторов. Отложения поверхностного слоя (до 0,25 м) в период намыва находятся в водонасыщенном состоянии.

За состоянием данного хвостохранилища постоянно ведется мониторинг.

Мониторинг общего состояния хвостохранилища это визуальная и инструментальная оценка состояния карт, их пляжей, нивелирная съемка поверхностных отложений и горизонтов воды в прудках, а также, влияние хвостохранилища на окружающую среду. Съемка поверхности характеризует максимальную отметку по их урезу у дамб, кроме этого, отбираются поверхностные пробы по контрольным створам и глубинные пробы по шурфам для определения геотехнических характеристик грунта. По дамбам хвостохранилища проводится визуальное и инструментальное обследование, определяется состояние наружных и внутренних откосов, регистрируются урезы пляжа относительно гребней дамб, а так же наличие трещин, просадок и осыпей на откосах дамб, состояние инспекторских дорог.

По наблюдательным скважинам, расположенными за дамбами хвостохранилища регистрируются уровни горизонтов воды по месяцам и выясняются причины изменения уровней в большую или меньшую сторону. По изменению уровня горизонтов воды в скважинах, определяется режим работы и количество откачиваемой воды насосами дренажной завесы. Ведется гранулометрический анализ поступающей на складирование пульпы. Подобное ведение контроля, даёт возможность получить удовлетворительные результаты, характеризующие состояние хвостохранилища.

Важнейшим условием мониторинга на данном хвостохранилище является ведение работ по сооружению противорадиационного экрана – проведение режимных наблюдений за процессом намыва на каждой действующей карте, а так же разработка рекомендаций по своевременной корректировке параметров технического процесса, которые поддаются корректировке.

Создаваемый на хвостохранилище противорадиационный экран препятствует радоновыделению, который отвечает требованиям санитарных норм СанПиН0193-06 (ОСПОРБ-2006) пункту 2.10, т.е. мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности пляжа не должна превышать 1 мк<sup>3</sup>/ч, сверх естественного фона, характерного для данной местности [3]. Согласно проведенным исследованиям и расчетам при толщине покрытия урановых хвостов инертным материалом – хвостами переработки золотосодержащих руд мощностью более 1 м, гамма-излучение будет обусловлено, главным образом, излучением самих хвостов космическим излучением и не превысит допустимых по санитарным нормам значений 1 мк<sup>3</sup>/ч.

Длительными исследованиями установлено, что в грунтовых водах в зоне за контуром хвостохранилища концентрация цианидов не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК), а объемная активность радионуклидов значительно меньше допустимых концентраций (ДК).

Институтом «Гидроингео» (Узбекистан) выполнена работа «Выполнение прогноза распространения ореолов загрязнения подземных вод за счет фильтрации из хвостохранилища ГМЗ-1 на срок 20 лет».

По результатам расчетов определена следующая протяжённость ореолов загрязнения подземных вод в направлении грунтового потока:

- по урану ( $5 \cdot 10^{-5}$  г/л или 0,03 ПДК) прогнозировались на расстоянии до 3 км, считая от северной дамбы;
- CN, CNs на уровне ПДК прогнозировались на расстоянии 400-450 м от северной дамбы;
- As прогнозировались на расстоянии 230-250 м на уровне менее 0,5 ПДК.

Прогнозная протяжённость ореола загрязнения по урану составит в изолинии 1 ПДК – 200 м, в изолинии 0,5 ПДК – 330 м.

Прогнозная протяжённость ореола загрязнения мышьяком составит в изолинии 1 ПДК – 220 м, в изолинии 0,1 ПДК – 420 м.

Прогнозная протяжённость ореола загрязнения цианидами составит в изолинии 0,1 ПДК – 340 м, в изолинии 0,05 ПДК – 420 м.

Наблюдения за режимом и химическим составом вод в районе хвостохранилища осуществляются службой водозащиты НГМК, которая отмечает, что за последние два с половиной года на территории хвостохранилища РУ «ГМЗ-1» не произошло какого-либо изменения в гидрогеологической обстановке. Загрязнение подзем-

ных вод, обусловленное влиянием хвостохранилища, после прекращения складирования урановых хвостов стабилизировалось. Химические анализы грунтовых вод не отмечают увеличение концентрации вредных веществ выше допустимых значений.

При дальнейшем выполнении программы захоронения урановых хвостов в полном объеме по принятой технологии, воздействие хвостохранилища на окружающую среду будет снижаться.

На основании проведённых работ определено, что внедрение гидравлического способа возведения противодиффузионного экрана на картах хвостохранилища из хвостов переработки золото-содержащих руд, позволило снизить негативное воздействие хвостового хозяйства на окружающую среду. Это один из способов экологической реабилитации хвостохранилища, который позволил снизить влияние радиационного фона и предотвратить загрязнение гидросферы хвостовыми водами.

Всё это позволяет снизить удельные расходы по нейтрализации карт хвостохранилища от воздействия радиоактивных отходов в 4,18 раза по сравнению со строительством противорадиационного экрана из привозного суглинка.

### Библиографический список:

1. Байков В.Н. Улучшение экологической обстановки хвостохранилища ГМЗ-1 гидравлическим намывом комбинированного экрана // *Материалы конференции в г. Навои. IV секция. Экологические проблемы и экономика, менеджмент горно-металлургической отрасли в модернизации производства.* – Навои, 2010. – С. 127-130.
2. Байков В.Н. Эффективный метод создания противодиффузионного экрана в условиях хвостохранилища ГМЗ-1 // *Материалы международной научно-практической конференции «Инновация-2014».* – Ташкент, 2014. – С. 200-201.
3. Крымов Л.Р., Байков В.Н. Отдельные вопросы экологической безопасности решаемые на хвостохранилище ГМЗ-1 // *Сб. тр. История горно-металлургической промышленности и перспективы развития высшего образования в сфере подготовки кадров для горно-металлургической отрасли.* – Навои, 2010. – С. 93-94.
4. Гайбуллаев Х.К., Исмаилов М.М., Агеев Д.С., Палванов С.К. Исследования на опытном участке для увеличения емкости хвостохранилищ НГМК в 2020-2021 гг. при оптимизации затрат. Из материалов I-го Евразийского горного конгресса. – Навои, 11-12 ноября 2021 г. – С. 50-54.
5. Гайбуллаев Х.К., Мустакимов О.М., Агеев Д.С. Изучение дамб и упорных призм хвостохранилищ по показателю устойчивости. Многопрофильная Республиканская научная-онлайн конференция. – Фергана, 17 ноября 2021 г. – С. 91-93.
6. Гайбуллаев Х.К., Раимжанов Б.Р., Агеев Д.С., Палванов С.К. Исследования по обеспечению вместимости хвостохранилищ на опытных участках // *Сборник научных статей 25-ой Международной научно-практической конференции «Инновация-2021».* – Ташкент, 2021. – С. 247-249.
7. Раимжанов Б.Р., Гайбуллаев Х.К., Байков В.Н. Намыв комбинированного противорадиационного и противодиффузионного экрана на хвостохранилище ГМЗ-1 государственного предприятия Навоийский ГМК // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* – М.: Горная книга, 2020. – № 1. – С. 99-107. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-99-107.

## НТ-250-01; НТ-250 М

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Йиланго эскими ва милолат

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

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ЛЕНТОЧНЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ



**Байназов У.Р.,**  
докторант кафедры  
«Горная электромеханика»  
ТГТУ им. И. Каримова, PhD



**Тошов Ж.Б.,**  
декан факультета  
«Электроэнергетика» ТГТУ  
им. И. Каримова, д.т.н., профессор



**Атакулов Л.Н.,**  
начальник заочного отделения  
НГГИ, д.т.н., доцент



**Заирова Ф.Ю.,**  
инженер ИЦ по ВНТ АО «НГМК»

*Ushbu maqolada gidrogeologik va seysmik sharoitlarda Angren ko'mir konida tog' jinslaridan iborat massani olib tashlash va transportirovka qilishda ochiq usulda qazib olishning asosiy muammolari ko'rib chiqilgan va tahlil qilingan. Tashkilotning texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlari ko'rib chiqilgan. Ushbu muammolarni o'rganish maqsadida turli mamlakatlarning tog'-kon sanoatlarida konveyerlarning qo'llanilish tajribalari tahlili amalga oshirildi. Angren ko'mir konining bir necha yillik to'liq yechimi ishlab chiqilishi zarur bo'lgan mavjud muammolari aniqlandi. Shunga bog'liq holda qattiq tog' jinslariga mo'ljallangan tasmali konveyerli davriy-oqimli texnologiyalar (DOT) ning asosiy konstruksiyalari keng tahlil qilindi. DOT larni qo'llashda tasmali konveyerlarning yuklash-bo'shatish bunkerlari konstruksiyasi asosiy muammolardan birini tashkil etishligi aniqlandi. Izlanishlar natijasida muallif tomonidan tegishli xulosalar qilindi va keyingi izlanishlar istiqbollari belgilandi.*

**Tayanch iboralar:** ochiq usulda qazib olish, tozalash ishlari, tosh massasini tashish, tsiklik-oqim texnologiyasi, texnik parametrlar, qattiq jinslar, tosh massasini tashish, yuklash va tushirish bunkerlari.

*В данной статье рассмотрены и проанализированы основные проблемы открытой добычи при вскрышной работе с транспортированием горной массы на Ангренском угольном карьере, обусловленные гидрогеологическими и сейсмическими условиями. Рассмотрены экономические и технические факторы указанного предприятия. С целью изучения данных проблем выполнен обзор опыта применения конвейеров для горной промышленности в разных странах, проанализированы работы зарубежных и отечественных учёных по изучаемой проблеме. Выявлены насущные проблемы Ангренского угольного карьера, ждущие своего полного решения на протяжении нескольких лет. В связи с этим, подробно проанализированы основные конструкции циклично-поточной технологии «ЦПТ» с ленточными конвейерами для твёрдых горных пород. Установлено, что одной из основных проблем в применении циклично-поточной технологии является конструкция загрузочно-разгрузочных бункеров ленточного конвейера. В результате проведённых исследований, автором сделаны выводы и установлены перспективы дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** открытая добыча, вскрышные работы, транспортирование горной массы, циклично-поточная технология, технические параметры, твёрдые горные породы, транспортирование горной массы, загрузочно-разгрузочные бункеры.

С обретением независимости в нашей Республике выполнен ряд важных работ по освоению новых месторождений, на которых требуется внедрение передовых практических мероприятий для увеличения добычи полезных ископаемых. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, направленных на дальнейшее развитие и либерализацию экономики, отмечена необходимость поддержания макроэкономической стабильности и высоких темпов экономического роста [1, 2]. В частности, для повышения конкурентоспособности национальной экономики особое значение приобретает повышение объема добычи полезных ископаемых при открытом способе разработки, уменьшение себестоимости готовой продукции и достижение увеличения годового объема производства продукции.

Топливо-энергетический комплекс Узбекистана занимает особое место в экономике республики, является системой жизнеобеспечения населения, способствует политической и экономической независимости государства.

Горнодобывающая промышленность Узбекистана на современном этапе характеризуется дальнейшим развитием открытого спо-

соба разработки полезных ископаемых. Преобладающее значение открытые разработки уже приобрели при добыче руд черных и цветных металлов, горно-химического сырья и строительных материалов. Открытые разработки получают своё дальнейшее развитие и в угольной промышленности [3-5].

Ангренское угольное месторождение расположено на территории Ташкентской области Узбекистана в 110 км юго-восточнее г. Ташкента, связано автомобильной и железной дорогами. Месторождение находится в густонаселённой долине р. Ахангаран, ограниченной с северо-запада и юго-востока хребтами Тянь-Шаньской горной системы. Отметки долины колеблются от 850 до 1300 м. Ахангаран – типично горная река, с расходом в паводковый период до 450 м<sup>3</sup>/час, в осенне-зимний период до 2 м<sup>3</sup>/с. Выше действующего разреза на реке построена плотина. Сток паводковых вод регулируется. От плотины, в пределах площади разреза, река отведена тоннелем по стационарному борту [6-8]. Климат района резко континентальный, сухой, с продолжительным летним периодом и малыми осадками. Однако, ввиду особых гидрогеологических условий горного района на Ангренском уголь-

ном карьере при вскрышных работах открытой добычи угля возникают проблемы с подземными водами, которые повышают влажность пород. Этот фактор создаёт достаточно серьёзную проблему при транспортировке горных пород на поверхность: налипание грунта, что значительно утяжеляет извлечение горных пород. Кроме того, по сейсмичности, район относится к восьми бальному, а значительный пласт горной породы составляют известняковые породы, которые при сейсмической опасности способствуют возникновению оползней.

На месторождении в настоящее время действуют: угольный разрез, шахта № 9 АО «Узбеккумир», участок АО «Апартак» и станция подземной газификации угля. Помимо угля ведётся добыча и других полезных ископаемых: глиней (горелых пород), используемых в качестве добавки при производстве цемента; известняков для цементного производства; каолиновых глин для предприятий стройматериалов республик Средней Азии и Казахстана.

На базе Ангренских углей действуют Ангренская ГРЭС, мощностью 6000 тыс. кВт и Новоангренская ГРЭС с проектной мощностью 2,4 млн кВт. Разрез «Ангренский» введён в эксплуатацию в 1948 г. с проектной мощностью 1,5 млн т в год. В 1956-1962 гг. была проведена реконструкция разреза с доведением производственной мощности до 4,5 млн т в год. С 1979 г. осуществляется вторая реконструкция разреза, проектом которой предусматривается увеличение производственной мощности разреза до 10,3 млн т в год. Размеры поля разреза: длина – 3,8 км, ширина – 2,9 км, глубина – 315 м. Максимальная глубина подсчёта запасов от дневной поверхности – 500 м [6, 9, 10].

Транспортировка вскрышных пород происходит путем погрузки экскаватором (экскаваторы ЭКГ-15 – 3 шт). Мобильная дробильная установка, осуществляет приемку горной массы от карьерного экскаватора ЭКГ-15 с последующей погрузкой ее на забойный межступенный перегружатель, производительность 4000 т/ч, объём поставки 3 шт. Забойный межступенный перегружатель мостового типа, используется как связующее звено между мобильной дробилкой и забойным конвейером.

Ленточный конвейер используется для транспортирования горной массы с мобильной дробилки до отвалообразователя. Общее количество вскрышных ленточных конвейеров – 14. Забойный межступенный перегружатель с загрузочной тележкой, используется как связывающее звено между дробилкой и забойным конвейером (2 шт.). Отвалообразователь предназначен для сбрасывания вскрышного грунта во внутренний отвал, длина разгрузочной стрелы 60 м, общая длина 10 м, производительность, Q=12100 т/ч, количество – 1 шт.

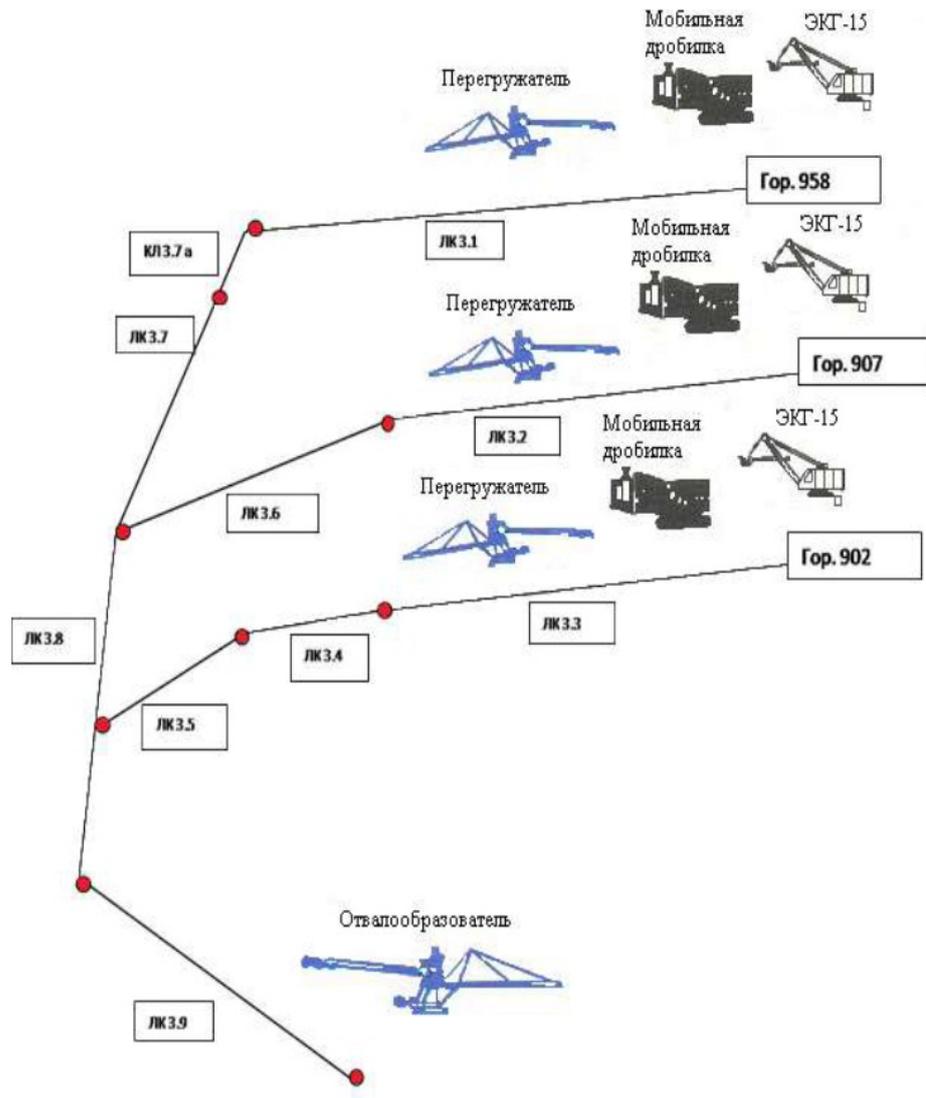


Рис. 1. Схема расположения вскрышных конвейеров в линии ЦПТ [14]

Предложенная схема [11] осуществляет перегрузку дробленой горной массы от мобильной дробилки на забойный ленточный конвейер, где высота обрабатываемого уступа 15 м; производительность, Q=4000 т/ч, объём поставки – 3 шт.

Циклично-поточная технология (ЦПТ) предусматривает последовательность работ (рис. 1, табл. 1) [11]: экскаватор «ЭКГ-15» загружает вскрышу в бункер дробильной установки, далее вскрыша от бункера попадает на пластинчатый конвейер, оттуда через загрузочную воронку попадает в двухвалковую дробилку, которая пропускает через себя транспортируемый материал размером 1100 мм на выходе до 300 мм. Вскрыша через выпускной желоб дробилки попадает на ленточный конвейер, который транспортирует её на мобильный перегружатель. Дальнейшую транспортировку горной массы производит магистральный конвейер производительностью 12100 т/ч, с последующей перегрузкой на отвальный конвейер, откуда горная масса перемещается к отвалообразователю, который формирует внутренние отвалы. Подробные технические показатели приведены в табл. 1 [11-13].

Технические данные ленточного конвейера 3.1:

- марка В1200-3.1;
- материал – вскрыша;

Таблица 1

Технические параметры ленточных конвейеров циклично-поточной технологии

№ п/п	№ конвейера	Наименование конвейера	Транспортируемый груз	Насыпная плотность груза, кг/м <sup>3</sup>	Крупность груза, мм	Ширина ленты, мм	Производительность, т/ч	Скорость ленты	Длина конвейера, м	Угол наклона конвейера, град	Мощность привода (установленная), кВт	Количество приводов, шт.	Суммарная мощность, кВт	Напряжение, В	Марка ленты
Вскрышное направление															
1.	3.1	Ленточный конвейер забойный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	1226	0°12'	560	2	1120	6000	ST2500
2.	3.2	Ленточный конвейер забойный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	451	1°	560	2	1120	6000	ST2500
3.	3.3	Ленточный конвейер забойный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	311	1°	560	1	560	6000	ST2500
4.	3.4	Ленточный конвейер передаточный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	570	5°	560	3	1030	6000	ST2500
5.	3.5	Ленточный конвейер передаточный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	120	1°	560	1	560	6000	ST1600
6.	3.6	Ленточный конвейер передаточный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	476	1°	560	2	1120	9000	ST1600
7.	3.7	Ленточный конвейер передаточный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	562	1°	560	1	560	9000	ST1600
8.	3.7A	Ленточный конвейер передаточный	вскрыша	1650	300	1200	4000	5	290	1°	560	1	560	9000	ST1600
9.	3.8	Ленточный конвейер магистральный	вскрыша	1650	300	2000	12100	5,6	718	0°45'	560	3	1680	9000	ST1600
10.	3.9	Ленточный конвейер отвальный № 1	вскрыша	1650	300	2000	12100	5,6	980	0°26'	560	2	1120	9000	ST1600

- насыпная плотность материала – 1650 кг/м<sup>3</sup>;
- крупность материала – 0-300 мм;
- длина конвейера – 1800 м; угол наклона – 0°;
- производительность – 4000 т/ч;
- ширина ленты – 1200 мм;
- скорость ленты – 5 м/с;
- приводная мощность – 4х560 кВт;
- подводимое напряжение – 6000 В;
- расстояние между роликами рабочей ветви – 1200-1500 мм;
- расстояние между роликами холостой ветви – 3000 мм;
- диаметр ролика – 159 мм;
- угол желобчатости верхней ветви – 40°;
- угол желобчатости нижней ветви – 10°;
- диаметр приводного футерованного резиной барабана – 1250 мм.

Анализ применения конвейеров для горной промышленности в разных странах.

В целях изучения проблем при применении циклично-поточной технологии с ленточными конвейерами на Ангренском угольном разрезе необходим обзор и анализ этого явления в других странах.

Изучение работ по данному вопросу показало, что транспортирование горной массы ленточными конвейерами на карьерах с открытым способом добычи угля во многих зарубежных странах на сегодняшний день получает всё более широкое распространение.

Это объясняется следующими преимуществами конвейерного транспорта перед другими видами транспорта:

- сравнительно небольшое количество обслуживающего персо-

нала, благодаря чему достигается высокая производительность труда на карьерном транспорте;

- непрерывность транспортирования груза, чем обеспечивается наиболее высокая производительность экскаваторов;

- непрерывность потока способствует наибольшей ритмичности работы всего горнотранспортного оборудования и облегчает возможность комплексной автоматизации процессов;

- способность транспортировать насыпной материал на подъем до 180° (при специальных конструкциях конвейеров до 35-40°), благодаря чему значительно сокращаются протяженность транспортных коммуникаций, объем горно-капитальных работ и разнос бортов карьеров, а, следовательно, и сроки их строительства, что особенно существенно при разработке карьеров глубоких или с малым сроком отработки.

Постоянное усовершенствование конструкций конвейеров и появление новых конструктивных решений по конвейерам и другому технологическому оборудованию способствовало тому, что применение в карьерах конвейерного транспорта характеризовалось ростом его параметрических показателей (по производительности, длине в отдельном ставе и в конвейерной линии, мощности двигателей, величине рабочей скорости и пр.).

Следует отметить, что в настоящее время в зарубежной практике имеются конвейеры, производительность которых доходит до 25000 м<sup>3</sup>/час. Скорость движения ленты доходит до 10 м/с, установленная мощность двигателей до 10000 кВт.

В соответствии с горнотехническими условиями разработки месторождений в отдельных странах определились два направления совершенствования и развития конвейерного транспорта.

Так, если в странах Европы конвейерный транспорт используется в основном для транспортирования рыхлых вскрышных пород и угля, то в США и ряде других стран он применяется для перемещения руды и скальных пород.

В Германии ленточные конвейеры применяются на карьерах Лаузитского и Рейнского бурого угольных бассейнов.

Наиболее показателен опыт применения конвейерного транспорта на тех угольных карьерах, где в комплексе с роторными экскаваторами используются высокопроизводительные конвейерные установки. Распространение конвейерного транспорта на карьере Рейнского бассейна было вызвано необходимостью в транспортировании весьма больших объемов вскрышных пород и угля при глубине разработки до 250 м, развитию его также способствовали большие экспериментальные работы, проведенные такими известными фирмами, как «Эйкофф», «Крупп» и др.

Современное состояние конвейерного транспорта на карьерах Германии характеризуется следующими данными:

- достигнута производительность конвейеров 25000 м<sup>3</sup>/ч;
- установленная мощность двигателей на отдельных конвейерных установках достигает 4-5 тыс. кВт;
- скорость движения ленты доходит до 8 м/с;
- длина конвейерных ставов составляет 400-1800 м и более, имеются тенденции дальнейшего увеличения длины става;
- несущие конструкции конвейеров состоят из отдельных секций, что облегчает монтаж, демонтаж и передвижку конвейерных линий, позволяет удлинять или укорачивать конвейеры за счет добавления или удаления отдельных секций.

Кроме того, для техники конвейерного транспорта последнего времени характерно увеличение угла наклона боковых роликов, что позволяет увеличить погонную нагрузку материала на ленте. Как правило, получают применение резинотросовые ленты, имеющие повышенную прочность.

Сложившийся опыт работы конвейеров в Германии дал возможность определить некоторые обстоятельства, а именно:

- необходим ежедневный осмотр и ремонт ленты специальной бригадой;
- требуется создание рациональных типов и конструкций погрузочных и перегрузочных пунктов на крупных конвейерных установках, с целью исключения неисправностей в места перегрузки материала (удар кусков транспортируемого груза и повреждение ленты и роликов);
- использование разовых роликов.

В Чехии, впервые, конвейерный транспорт применен в 1959 г. на карьере им. А. Запотоцкого. Для транспортирования угля на уступе были установлены три передвижных конвейера. От забойных конвейеров уголь транспортировался тремя стационарными конвейерами до перегрузочного бункера.

Ширина ленты конвейера 1000 мм, скорость движения 3,15 м/с, производительность 600 т/ч. Фактическое использование конвейеров по производительности на карьере составляло 60-70%, однако и в этих условиях получили подтверждение основные преимущества конвейерного транспорта и целесообразность замены им рельсового транспорта.

В Польше, ленточные конвейеры применяемые на открытых горных разработках, делятся на две категории:

- конвейеры со скоростью движения ленты ниже 2,5 м/с, при ширине ленты до 1200 мм;
- конвейеры со скоростью движения ленты выше 2,5 м/с, при ширине ленты до 2750 мм.

Конвейеры первой группы применяются на небольших карьерах Польши уже много лет. Конвейеры второй группы применяются на крупных бурого угольных карьерах. Конвейерный транспорт применяется также на карьерах Венгрии, Болгарии и Румынии.

В Венгрии, конвейеры используются как для транспортирования угля, так и породы, ширина конвейерных лент 800-1200 мм.

В Болгарии, на угольных карьерах «Большевик» и «Чукурово» уголь транспортируется конвейерами с лентой шириной 800 мм (забойные) и 1200 мм (магистральные). Скорость движения лент 1,32 м/с. Протяженность конвейерных лент на этих карьерах составляет соответственно 1340 и 1700 м.

В Румынии, конвейерный транспорт применяется на угольном карьере «Ровинари». Применение его здесь, обусловлено также сложными гидрогеологическими условиями, в силу которых значительно усложнено содержание и передвижка железнодорожных путей.

В США и ряде других стран, как отмечалось выше, конвейерный транспорт применяется, в основном, для перемещения руды и скальных пород. При этом, применение конвейерного транспорта в сочетании с внутрикарьерным автотранспортом является распространенной схемой на ряде рудных карьеров, достигших большой глубины. Значительное распространение комбинированный транспорт с применением самосвалов и конвейеров получил на карьерах района Месаби.

На железорудных карьерах штата Миннесота используется система ленточных конвейеров, загружаемых через передвижной бункер драглайном. Подобная схема весьма распространена также на угольных карьерах Англии. Длина конвейерной линии доходит до 9 км. По капитальным затратам для этих условий стоимость железнодорожного транспорта на 50%, а автомобильного транспорта на 30-12% ниже, чем системы конвейерного транспорта. Вместе с тем, при транспортировании конвейерами эксплуатационные расходы соответственно на 40 и 33% ниже, чем при железнодорожном и автомобильном транспорте.

По данным печати, в США сформированы четыре основных направления повышения эффективности конвейерного транспорта:

1. Увеличение скорости движения конвейерных лент. Например, для горизонтального конвейера длиной 610 м производительностью скального груза 1800 т/ч, с кусками размером 102 мм указывается, что с увеличением скорости движения рабочие параметры и расчетные показатели конвейера изменяются.

2. Увеличение угла наклона боковых роликов до 35°.

3. Увеличение длины конвейерных ставов. Для конвейерной линии длиной 1521 м, представленной одним или пятью ставами, параметры и рабочие показатели применения конвейеров меняются.

Производительность этих конвейеров, принятая в расчетах, составляет 1800 т/ч скального груза с кусками размером до 102 мм, ширина ленты 1067 мм, скорость 2,8 м/с. Стоимость одного конвейера большой протяженности меньше, так как в этом случае отсутствуют промежуточные приводные станции и четыре перегрузочных пункта. Этим сокращается также число возможных пунктов повреждения ленты и уменьшается количество обслуживающего персонала.

В странах СНГ широко применяется конвейерный транспорт на угольных разрезах России, Украины, Казахстана и др. К примеру, можно назвать Богословский карьер, Вахрушевуголь, Волчанскуголь, Черемховуголь, Коркинский разрез, бурого угольные карьеры Днепровского бассейна (Байдаковский, Семеновско-Головковский, Юрковский), Экибастузуголь, «Карагандарезуголь» и др. Срок эксплуатации ленточного конвейерного транспорта на вышеуказанных карьерах достаточно большой и исчисляется многими годами. При этом, производительность данного вида оборудования для транспортирования угля при часовой производительности может достигать тысячами, а иногда и десятками тысяч кубических метров.

Так, например, машиностроительная промышленность России производит широкий ассортимент конвейеров, которые успешно работают на угольных разрезах, количество разрезов постоянно растет. Угольная отрасль Кузбасса представлена 44-мя разрезами,



Рис. 2. Перегрузочный узел с конвейера № 3.7 на конвейер № 3.8: а) перегрузочный пункт № 3.7; б) внешний вид перегрузочного пункта; в) вид внутреннего приемного бункера

за последние 6 лет введено в эксплуатацию 16 угольных разрезов. В 2004 г. введено в строй 5 разрезов. Новые введенные предприятия – это прежде всего высокомеханизированные и автоматизированные производства с принципиально новыми технологиями добычи угля. Примером может служить разрез «Распадский», на котором впервые в России применена уникальная технология открыто-подземной добычи угля при отсутствии людей в очистных забоях.

При применении этой технологии обеспечивается абсолютная безопасность рабочих, высокая производительность и рациональное использование недр за счет выемки запасов угля, которые не могут быть отработаны традиционными технологиями.

На Карпинском разрезе (Челябинский угольный бассейн) вскрышные работы и добыча угля ведутся с помощью экскаваторов, транспортирование угля до обогатительной фабрики – ленточными конвейерами. В 2005 г. введен в эксплуатацию грузовой конвейерный наклонный ствол с установкой в нем мощных ленточных конвейеров.

В 2004 г. осуществлено технологическое объединение шахты «Карпинская» и Карпинского разреза. Для этого пройдены два главных конвейерных уклона, по которым уголь шахты передается на конвейеры разреза и доставляется до обогатительной фабрики. Параметры Карпинского разреза: длина – 3 км, ширина – 2,6 км, глубина – 500 м. Периметр по поверхности – 9,8 км. Длина ленточных конвейеров – 9,6 км. В Экибастузском бассейне (Казахстан) добыча угля к 2010 г. достигнет 105 млн т за счет технического перевооружения сверхмощных разрезов «Богатырь» и «Восточный»,



Рис. 3. Результаты разрыва ленты магистральной конвейерной линии № 3.8: а – локальные повреждения транспортной ленты; б – порыв резины тросовой ленты

внедрения на добыче угля поточной технологии (комплексов производительностью 5000 м<sup>3</sup>/ч), применения при разработке, транспортировании и складировании пород вскрыши циклично-поточной технологии (комплексов производительностью 8000 м<sup>3</sup>/ч).

В результате реализации намеченной программы технического развития угольных разрезов Казахстана в значительной мере увеличится удельный вес использования на разрезах высокоэффективной техники непрерывного действия. Объем угледобычи роторными экскаваторами в 2020 г. возрастёт до 160 млн т в год, объем транспортировки угля конвейерным и автоконвейерным транспортом увеличится почти в 7 раз (с 22 до 160 млн т).

Будет внедрена разработка вскрышных пород роторными экскаваторами (до 82 млн т в год) и транспортировка их на поверхность конвейерным транспортом (72 млн т в год) [15].

*Анализ работы механизма циклично-поточной технологии.*

На сегодняшний день особую актуальность на Ангренском угольном разрезе имеет оптимизация вскрышных работ.

Как известно, применение ЦПТ на 50-60% сокращает расстояние транспортирования горной массы, в 5-6 раз сокращает использование электроэнергии и почти в 6 раз списочного состава работников.

Данной проблемой интересовались многие исследователи и практики. Так, например, ещё в 2015 г. Усманов Н.С., Цой И.В., Иркабаев У.У., Насриддинов И.Х., и Аннакулов Т.Ж. в статье «Опыт внедрения циклично-поточной технологии на вскрышном комплексе разреза «Ангренский» рассматривали ряд насущных проблем, возникших в процессе внедрения проекта по модернизации, осуществляемого китайской компанией «Sinocoal International Engineering Design and Research Institute», в результате которых не была запущена циклично-поточная технология «ЦПТ» в запланированный срок. по ряду причин:

1. Мобильная дробилка (недостаточная прочность конструкции крепления зубьев на двухвалковых мобильных дробилках, в результате которых происходит частое выпадение зубьев из мест крепления; частый выход из строя роликкоопоры с роликами под бункером из-за большой ударной нагрузки).

2. Межступный перегружатель (конструкция разгрузочной воронки межступного перегружателя имеет склонность к налипанию грунта и заштыбовке; отсутствие ударо-гасительного устройства на приёмном бункере МД приводит к быстрому повреждению транспортной ленты).

3. Отвалообразователь (недостаточная толщина металла брони бункерапетлевой тележки отвалообразователя; отсутствие ограждений на трубопроводах системы смазки и кабельных желобов на отвалообразователе).

4. Конвейерные ленты (конвейерные ленты на всем протяжении имеют повреждения; происходит налипание грунта на стенки приёмных бункеров конвейерных линий, что приводит к потере рабочего времени на зачистку) [16].

Опыт работы с ЦПТ на Ангренском угольном карьере показал, что до сих пор не все названные этими учёными проблемы нашли своего полного решения.

Изучение работы ленточного конвейера даёт нам основание предположить, что одной из основных проблем являются бункеры, которые принимают груз и передают его на другую конвейерную линию.

Опыт работы на Ангренском угольном карьере позволил выявить проблемные участки в процессе транспортировки вскрышных пород с применением «ЦПТ» с ленточным конвейером. К этим выводам мы пришли в результате изучения механизма транспортировки вскрышных пород.

Так, одной из важнейших проблем является процесс перегрузки горной породы с бункера № 3.7 на магистральный ленточный конвейер № 3.8 (рис. 2).

На рис. 2 представлен вид перегрузочного пункта с конвейера № 3.7 на конвейер № 3.8.

Изучение механизма работы циклично-поточной технологии (ЦПТ) позволило нам выявить проблемные участки порыва при работе ленточного конвейера. Основной проблемой перегрузки являются наиболее частые порывы ленты магистрального конвейера (рис. 3) из-за падения кусков вскрышных пород со значительной высоты (высота бункера составляет 7,8 м).

Проблема усугубляется еще тем, что конвейерные линии движутся со значительной скоростью: скорость ленты забойного конвейера составляет 5,0 м/с, магистрального 5,6 м/с. Эта проблема уже носит хронический характер, и перебои в работе конвейеров из-за остановки на ремонт напрямую влияют на производительность, что неблагоприятно отражается в работе комплекса транспортировки в целом.

Подробно изучив по данной проблеме достаточное количество научных работ и непосредственно опыт работы как специалистов Ангренского разреза, так и международный опыт в целом в решении данного насущного вопроса, мы выявили следующее: в грузозачных устройствах под воздействием приводных устройств, груз подается на ленту в лоток, который поглощает удар падающего материала и предотвращает преждевременный износ ленты (рис. 3). Отсюда видно, что форма бункера имеет особое значение при сроке эксплуатации конвейерных лент.

В результате проведенного анализа нами можно сделать следующие выводы:

1. Во всех странах Европы и СНГ применение конвейерного транспорта по сравнению с другими видами транспорта при открытой добыче угля, даёт возможность ряду положительных факторов (экономичность, высокая производительность, обеспечение непрерывности транспортирования груза, возможность комплексной автоматизации производства, безопасность труда).

2. Проблемы с подземными водами, повышающих влажность пород в результате налипания грунта, значительно утяжеляющего извлекаемую горную породу, то есть гидрогеологические условия приводят к трудностям работы конвейерного транспорта на угольных разрезах.

3. В настоящее время, в зарубежной практике имеются конвейеры, производительность которых доходит до 25000 м<sup>3</sup>/ч. Скорость движения ленты доходит до 10 м/с, установленная мощность двигателей до 10000 кВт. Производительность ЦПТ на Ангренском угольном разрезе доходит до 4000 м<sup>3</sup>/ч, скорость ленты забойного конвейера составляет 5,0 м/с, магистрального 5,6 м/с. Практика показывает, что необходимо осуществление работ по дальнейшей реконструкции ЦПТ.

По результатам исследований по эффективности работы конвейерного транспорта на Ангренском угольном разрезе получены следующие недостатки по работе механизма ЦПТ:

1. Высота падения продукта должна быть минимальной. Это можно достигнуть путем применения криволинейного лотка, в котором насыпной материал медленно движется вниз, в результате чего часть динамической нагрузки потока падающего продукта поглощается до достижения им ленты.

2. Лента, обладающая глубокой желобчатостью, имеет меньшее боковое просыпание продукта и удерживание груза в центре. При транспортировании мелкозернистого материала вокруг грузозачного лотка устанавливают фартуки, которые препятствуют его падению на холостую ветвь ленты.

3. Насыпной материал следует загружать при минимально возможном наклоне конвейера не более 10°, предпочтительно предусматривать для загрузки горизонтальный участок.

4. Конвейерная лента должна иметь дополнительные опоры под зоной загрузки, которые поглощают силу инерции падающего грузопотока. Для этого применяют роликкоопоры с резиновым покрытием или демпфирующие устройства, поглощающие удар [17].



11. Abdiev O.Kh. *Mathematical modeling of transient processes of asynchronous motors of belt conveyors monograph*. – T.: TSTU AF, 2020. – 129 p.
12. Usmanov N.S., Krivenko Yu.N., Irkabaev U.U., Nasriddinov I.Kh. *Prospects for the development of mining operations at the Angrensky open pit*. *Mountain Bulletin of Uzbekistan* No. 2 (60). – Navoi, 2015, pp. 32-34.
13. Potapov M.G. *Career transport Fourth edition*. – 5 p. <http://www.libed.ru/kniginauka/1197978-1-m-potapov-karemiy-transport-izdaniechetvertoe-pererabotannoe-dopolnennoe-dopuscheno-ministerstvom-vishegosre.php>.
14. Matkasimova Sh.Sh., Mirsaidov G.M. *Transportation of overburden rocks in the conditions of the Angrensky mine of JSC Uzbekugol*, 2019, pp. 32-33.
15. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ekibastuz\\_coal\\_basin](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ekibastuz_coal_basin).
16. Usmanov N.S., Tsoi I.V., Irkabaev U.U., Nasriddinov I.Kh., Annakulov T.Zh. *Experience in implementing cyclic-flow technology at the overburden complex of the Angrensky open pit*. *Mountain Bulletin of Uzbekistan*. – Navoi, No. 1 (60) 2015, pp. 82-86.
17. Kiselev B.R. *Belt conveyor. Calculation and design of the main nodes: textbook. Benefit. Ivan. state chemical-technological un-t*. – Ivanovo, 2019, pp. 98-100.

1M63

ТОКАРНО – ВИНТОРЕЗНЫЙ  
СТАНОК



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)

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОДЭТАЖНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С ИСКУССТВЕННЫМИ ЦЕЛИКАМИ ИЗ ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ



**Раимжанов Б.Р.,**  
профессор кафедры «Горное дело»  
филиала НИТУ «МИСиС» (г. Алматы),  
д.т.н.



**Хакимов Ш.И.,**  
доцент кафедры  
«Горное дело» НГГИ



**Хамзаев С.А.,**  
магистрант кафедры  
«Горное дело» НГГИ



**Равшанов А.А.,**  
магистрант кафедры  
«Горное дело» НГГИ

*Past darajadagi rudani maydalash va ko'pburchak shakldagi sun'iy tayanch tirgaklarga ega bo'lgan, kameralararo va shiftdagi ustunlarda rudaning yo'qolishining oldini olishga va ikkilamchi suyultirishga ega kon tizimlarining texnologik sxemasi taklif etiladi.*

**Tayanch iboralar:** kon bosimi, geomexanik jarayonlar, qazish tizimi, strukturaviy xilma-xillik, selik, massivning turg'unligi, qavatli qulash, qavat shtreklari, zakladka kameralari, ruda tushirgichlar, ko'tarilma, ruda tanasi.

*Предложена технологическая схема систем разработки с подэтажной отбойкой руды и искусственными опорными удерживающими целиками многоугольной формы, позволяющими предотвратить потери руды в межкамерных и потолоченных целиках, а так же вторичное разубоживание.*

**Ключевые слова:** горное давление, геомеханические процессы, система разработки, структурная неоднородность, целик, устойчивость массива, подэтажное обрушение, подэтажные штреки, закладочные камеры, рудное тело.

Понижение глубины подземных горных работ приводит к интенсивному проявлению горного давления, что в свою очередь приводит к снижению уровня безопасности для работы персонала и понижению показателей извлечения запасов полезных ископаемых [1-5].

Данная ситуация требует постановки научной задачи изучения влияния конструктивных элементов систем разработки, предопределяет направление исследовательских и конструкторских работ на поиск, обоснование параметров и разработку технологий, предусматривающих улучшение показателей извлечения полезного ископаемого из недр и уровень безопасности работ на нижних горизонтах месторождения.

Повышение уровня безопасности, сокращение потерь и разубоживание руды обеспечиваются при системах разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, что является на сегодняшний день, новым прогрессивным способом управления состоянием массива горных пород в сложных геомеханических условиях, однако их применение практикуется в основном, при разработке мощных залежей ценных руд с камерными системами разработки.

Несмотря на многочисленные исследования, технологические схемы разработки жильных месторождений с твердеющей закладкой специалистами не рассмотрены, а их эффективность до конца не определена, поскольку данный способ управления характеризуется высокими капитальными и эксплуатационными затратами на осуществление закладочных работ, что связано со строительством закладочных комплексов, изготовлением и транспортировкой смесей.

В обычных условиях, при системах разработки с магазинированием руды, запасы межблочных и межэтажных целиков частично извлекаются однократным взрыванием шпуров или скважин после отработки камерных запасов.

В условиях высоких горных давлений или в слабоустойчивых массивах эти целики без применения специальных способов, традиционными методами извлечь невозможно, а ущерб от потерь руды может быть намного выше затрат на формирование искусственного массива [6-9].

Целью данной работы являлась разработка комбинированных технологических схем подземной разработки жильных месторождений в сложных геомеханических условиях, позволяющие минимизировать недостатки известных технологий и оценка их эффективности.

В соответствии с выше изложенным, для отработки запасов Зармитанской золоторудной зоны, разработаны два варианта технологической схемы подэтажной отбойки с формированием внутреннего пространства искусственных целиков из твердеющего материала многоугольной и столбчатой формы (рис. 1).

Здесь возможны два варианта схем подготовки – блочная и участковая. Блочную схему целесообразно использовать при отработке коротких по протяженности рудных тел. Выемки запасов при значительной протяженности рудного тела целесообразно осуществлять по участковой схеме.

В блочных схемах проводят две фланговые восстающие. Одна из них – рудная, используется в качестве компенсационной камеры, а другая – полевая, в качестве рудоспуска из подэтажной. В участковых схемах подготовки проходят две восстающие на

флангах и одна полевая – в центре блока. При этом фланговые восстающие используются как компенсационные камеры и для отвода отработанной струи воздуха, а центральный восстающий служит в качестве рудоспуска из подэтажей обоих флангов – левых и правых.

В участковых схемах, предусматривается также проводить сбойки, соединяющие смежные подэтажи между собой, которые необходимы для отвода загрязненного воздуха и выпуска попутной руды из подэтажей. Эти сбойки в дальнейшем будут являться камерой для заливки твердеющего закладочного материала при формировании искусственного целика.

Размеры и расстояния между сбойками определяются по нормативному пределу прочности закладочного материала, определяемое в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий [10-13].

Подготовительно-нарезные работы в этом варианте включают проходку восстающих, наклонного участкового транспортного съезда (НТС), ортов заездов к НТС и рудоспуску, заездов на участковый НТС и рудоспуску в концентрационном горизонте.

В качестве нарезных, проводятся также подэтажные штреки. Высота подэтажей 10-15 м, которая обуславливается мощностью рудных тел и возможностью искривления скважин.

Работы по возведению искусственных целиков осуществляются одновременно на всех подэтажах в следующем порядке:

1. Производится расширение и образование купола потолочины над подэтажным штреком до требуемого размера путем разбуривания, заряжения и взрывания комплекта шпуров по форме клина. При этом, краевые шпуры бурятся под углом не менее 45°.

2. Потолочина над расширенной частью подэтажа с выемкой, образуется путем проходки наклонных выработок обычным способом толщиной 2,0 м.

3. У верхушки потолочины для заливки твердеющего материала и создания искусственного целика образуют щель. Щель, образуется путем разбуривания, заряжения и взрывания комплекта параллельных шпуров.

4. Зачистка основания части подэтажа под искусственный целик от посторонних предметов, осыпанная руда служит стенкой для искусственного целика с забойной стороны.

5. Для образования противоположной стенки, для создания искусственного целика производится отсыпка руды, с последующим выпуском руды при отработке нижнего подэтажа.

6. Заполнение созданной выработки производится твердеющей закладкой с добавлением в ее состав крупных породных заполнителей.

Основными достоинствами этой системы является обеспечение надежной безопасности, более прочного материала целика [2, 4], простая организация очистных работ и меньшие материальные затраты по сравнению с системой разработки с закладкой очистного пространства, сравнительно высокие качественные и количественные показатели добычи руды, широкие возможности применения самоходных машин в производственных процессах и операциях очистных работ [2, 4].

Основные недостатки этой системы разработки: жесткая связь процессов отбойки руды с операциями сооружения целиков при подходе к линии их формирования, низкий уровень механизации при создании целиков, значительные затраты труда и времени на возведение целиков.

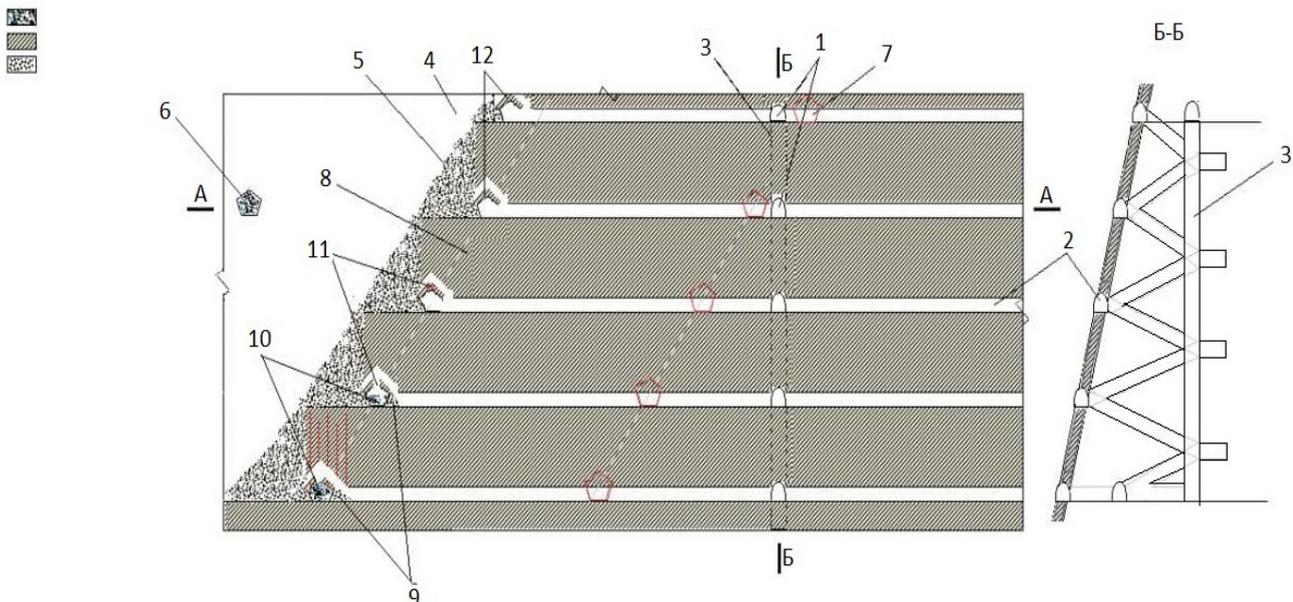
При этом варианте рассматривается осуществление доставки отбитой руды из каждого подэтажа до рудоспуска автономно, что исключает необходимость создания откаточного горизонта.

Все операции по возведению искусственных целиков в изложенных технологических схемах, выполняются преимущественно с помощью самоходной техники имеющейся на рудниках Зармитанской золоторудной зоны.

Эффективность предлагаемых технологических схем выражается:

$$\mathcal{E}_э = Ц - \mathcal{Z}_{неп} - (\mathcal{Z}_{д.мв.з} / C) \quad (1)$$

Ц – ценность металла, у. е./т;



**Рис. 1.** Подэтажная система разработки с искусственными целиками многоугольной формы из твердеющей закладки: 1 – заезд к рудоспуску; 2 – подэтажный штрек; 3 – рудоспуск; 4 – открытое выработанное пространство; 5 – отбитая руда; 6 – искусственный целик многоугольной формы; 7 – место заложения очередного целика многоугольной формы; 8 – не отбитая руда; 9 – перегородка из рудной насыпи; 10 – положения выработки (сосуды) для устройства целика, на этапе её строительства; 11 – положения выработки (сосуды) на этапе формирования целика, 12 – положения выработки с перекрытием (рудным насыпом) перед закладкой целика

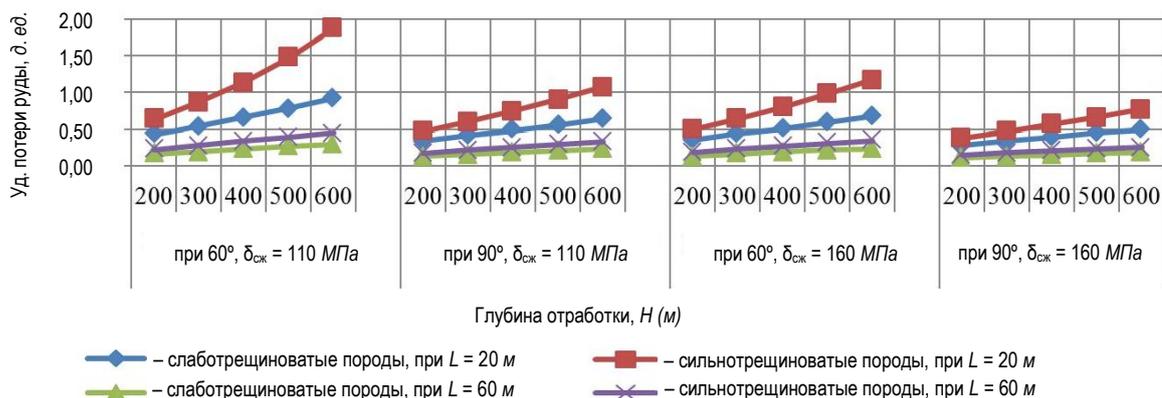


Рис. 2. Графики зависимости объемов возвратной потери руды в целиках в зависимости от глубины отработки, трещиноватости массива, угла падения рудного тела, длины блока, предела прочности пород на сжатие при подэтажной системе разработки с искусственными многоугольными целиками из твердеющих смесей

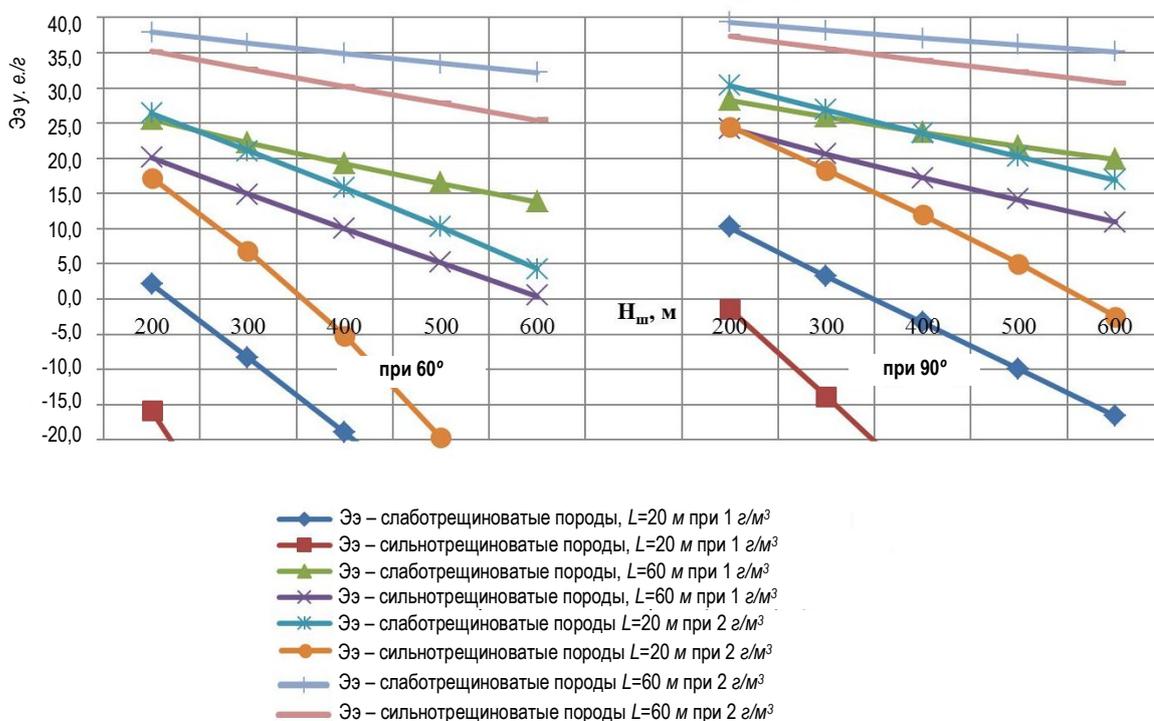


Рис. 3. Графики изменения прибыли в зависимости от глубины разработки, длины камеры и угла падения рудного тела при подэтажной системе разработки с твердеющей закладкой с многоугольными целиками

$Z_{пер}$  – себестоимость переработки и прочих затрат, у. е./г;  
 $Z_{д.тв.з}$  – себестоимость добычи руды с учетом затрат на укладку твердеющей закладки, у. е./г;

$$Z_{д.тв.з} = (P_{уд} \cdot Z_{доб}^I + c_{т.з} \cdot q_{т.з} + Z_{доб}^I \cdot K_{у.з}) / c \quad (2)$$

$P_{уд}$  – удельный объем (возвратный) потерь руды в целиках на  $1 \text{ м}^3$  добытой руды, д. ед./ $\text{м}^3$ ;

$Z_{доб}^I$  – затраты на добычу руды, в обычных условиях без закладки выработанного пространства, у. е./ $\text{м}^3$ ;

$c_{т.з}$  – стоимость твердеющего закладочного материала, у. е./ $\text{м}^3$ ;

$q_{т.з}$  – удельный расход твердеющего закладочного материала на  $1 \text{ м}^3$  добытой руды,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$c$  – содержание металла, г/м<sup>3</sup>;

$K_{у.з}$  – коэффициент учитывающий материально-трудовые затраты на дополнительные нарезные работы под устройство искусственных целиков. Значение  $K_{у.з}$  принимается:

– при комбинированной системе разработки с магазинированием руды с естественными целиками и твердеющей закладкой  $K_{у.з} = 0,1-0,15$ ;

– при подэтажной отбойке руды с комбинированным использованием естественных рудных и искусственных целиков твердеющей закладкой  $K_{у.з} = 0,12-0,2$ .

Потери руды в целиках, при системе разработки с многоугольными искусственными целиками определяются по выражениям, д. ед.

$$P_{уд.мнц} = \Sigma V_{ном.нэ} / V_{н.э} = S_{смц} \cdot m / L_{нэ} \cdot h_{н.э} \cdot m =$$

$$= S_{смц} / L_{нз} \cdot h_{нз} = S_{смц} / S_{звц} \quad (3)$$

где  $S_{смц}$  – площадь стандартного многоугольного целика, м;  
 $S_{звц}$  – площадь зоны влияния многоугольного целика, м<sup>2</sup>.

Удельный расход твердеющей закладки, при подэтажной отбойке руды с комбинированным использованием зоны разгрузки и искусственных многоугольных целиков из твердеющей закладки укрупненно определяется:

$$q_{уд.мв.з.смц} = 0,07 + П_{мнц} \quad (4)$$

Результаты расчетов по данной методике, выполненные с использованием программы Microsoft Excel оформлены в виде компьютерных графиков и представлены на рис. 2-3.

Таким образом, на примере Зармитанской золоторудной зоны, с целью безопасной и полной отработки запасов руды в слабоустойчивых массивах и зон концентрации напряжений предлагаются варианты подэтажной системы разработки с искусственными опорными удерживающими целиками из твердеющей закладки много-

угольной формы. Безопасные условия и полнота отработки в предлагаемых вариантах достигается, путем использования комплекса подготовительно-нарезных выработок подэтажной системы разработки в качестве отрезных щелей для снятия и перераспределения напряжения в массиве горных пород и с магазинированием отбитой руды в комбинации с искусственными опорными удерживающими целиками из твердеющей закладки.

Роль искусственных опорных удерживающих целиков из твердеющей закладки является в обеспечении поддержания вмещающих пород камеры в устойчивом состоянии, что позволяет сократить отслоение боковых пород, а так же вторичное разубоживание, снизить давление вмещающих пород на замагазинированную руду и улучшить условия выпуска.

Целики воспринимают на себя сжимающе-растягивающие напряжения, предотвращает их концентрации, что даёт возможность создать безопасные условия отработки смежных и нижележащих горизонтов.

### Библиографический список:

1. Авдеев А.Н., Сосновская Е.Л. Исследование напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов систем разработки оближенных крутопадающих жил. *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН.* – Иркутск, 2015. – № 1 (50). – С. 67-75.
2. Крицын П.В., Полховский В.И., Худяков С.В. Повышение устойчивости кровли камер при отработке месторождений подземным способом // *Проблемы недропользования*, 2018. – №1. – С. 22-28.
3. Барановский К.В. Рожков А.А. Обоснование технологии с самоходным оборудованием при отработке нижних горизонтов Урупского медноколчеданного месторождения. *Проблемы недропользования*, 2015. – №3. – С. 36-43.
4. Veenstra R.L. A methodology for predicting dilution of cemented paste backfill, in Y Potvin (ed.), *Proceedings of the International Seminar on Design Methods in Underground Mining*. – Perth: Australian Centre for Geomechanics, 2015, pp. 527-539.
5. Ping Wang, Huiqiang Lia, Yan Lib. Bo Cheng Stability analysis of backfilling in subsiding area and optimization of the stoping sequence // *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. – 2013. – Vol. 5, issue 6. – pp. 478-485.
6. Раимжанов Б.Р., Мухитдинов А.Т., Хасанов А.Р. Повышение эффективности технологии разработки маломощных крутопадающих оближенных рудных тел в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – М.: «Горная книга», 2018. – №10. – С. 67-78.
7. Раимжанов Б.Р., Хасанов А.Р. Оценка структурной нарушенности массива горных пород по рейтинговым классификациям для рудников Зармитанской золоторудной зоны. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – М.: «Горная книга», 2020. – № 5. – С. 115 - 127.
8. Sozonov K.V. Stableness improvement of the excavations during the chamber-and-pillar development of Yakovlevsky Deposit reserves. *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*. – Vol. 1, pp. 1653-1657.
9. Гобов Н.В., Рожков А.А. Изыскание технологии отработки золоторудного месторождения с различными условиями залегания рудных тел // *Проблемы недропользования*, 2018. – № 2. – С. 30-39.
10. Хакимов Ш.И., Таджиев Ш.Т., Кобилов О.С., Гиязов О.М. Обоснование высоты этажа при разработке крутопадающих жильных месторождений. *Горный вестник Узбекистана*, 2020. – №1 (80). – С. 7-9.
11. Хакимов Ш.И., Уринов Ш.Р. Подэтажная система с искусственными целиками из твердеющей закладки для разработки жил в сложных геомеханических условиях. «Горные науки и технологии». Том 6, № 4 (2021). – С. 252-258.
12. Raimzhanov B.R., Khakimov Sh. I., Khamzaev S.A. Sublevel Mining System with Artificial Pillars Made of a Hardening Backfills for The Development of Veins in Difficult Geomechanical Conditions. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*. – Vol. 03. – Issue 12-12. – 2021, – pp. 98-103.
13. Raimzhanov B.R., Khakimov Sh.I., Khamzaev S.A., Ravshanov A.A. Mining systems with shrinkage stoping and the formation of artificial pillars to support unstable rocks of vein deposits. *Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ)*. – Vol. 9, Issue 10-10. – 2021, – pp. 746-752.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 1(88) pp. 16-20

### TECHNOLOGICAL DIAGRAM OF THE SUBLEVEL DEVELOPMENT SYSTEM WITH ARTIFICIAL PILLARS FROM HARDENING MIXTURES FOR DIFFICULT GEOMECHANICAL CONDITIONS

<sup>1</sup>Raimzhanov B.R., Professor of the Department of Mining, Academician of the Eurasian Academy of Mining Sciences, Foreign member of the Russian Academy of Mining Sciences, Doctor of Technical Sciences.

<sup>2</sup>Khakimov Sh.I., Associate Professor of the Department of Mining.

<sup>3</sup>Khamzaev S.A., Master's student of the Department of Mining.

<sup>4</sup>Ravshanov A.A., Master's student of the Department of Mining.

<sup>1</sup>Branch of the National Research Technological University "MISiS", Almalyk, Uzbekistan.

<sup>2</sup>Navoi State Mining Institute, Uzbekistan.

A technological diagram of development systems with sublevel ore breaking and artificial supporting retaining pillars of a polygonal shape is proposed, which makes it possible to prevent the loss of ore in the inter-chamber and ceiling pillars, as well as secondary impoverishment.

**Keywords:** rock pressure, geomechanical processes, development system, structural heterogeneity, pillar, rock mass stability, sublevel caving, sublevel drifts, filling chambers, ore body.

## Bibliographic list:

1. Avdeev A.N., Sosnovskaya E.L. Investigation of the stress-strain state of structural elements of systems for the development of contiguous steeply dipping veins // *Bulletin of the Siberian Branch. Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences.* – Irkutsk, 2015. – No. 1 (50), pp. 67-75.
2. Krinitsyn R.V., Polkhovsky V.I., Khudyakov S.V. Increasing the stability of the roof of the chambers during underground mining // *Subsoil use problems*, 2018. – No. 1, pp. 22-28.
3. Baranovskiy K. V. Rozhkov A. A. Substantiation of technology with self-propelled equipment in the development of the lower horizons of the Urupsk copper pyrite deposit // *Problemy nedropol'zovaniya*, 2015. – No. 3, pp. 36-43.
4. Veenstra R.L. A methodology for predicting dilution of cemented paste backfill', in Y Potvin (ed.), *Proceedings of the International Seminar on Design Methods in Underground Mining.* – Perth: Australian Center for Geomechanics, 2015, pp. 527-539.
5. Ping Wang, Huiqiang Lia, Yan Lib. Bo Cheng Stability analysis of backfilling in subsiding area and optimization of the stopping sequence // *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2013. – Vol. 5, issue 6, pp. 478-485.
6. Raimzhanov B.R., Mukhitdinov A.T., Khasanov A.R. Improving the efficiency of technology for the development of low-power steeply dipping contiguous ore bodies in difficult mining-geological and mining-technical conditions // *Mining information and analytical bulletin.* – M.: "Gomaya kniga", 2018. – No. 10, pp. 67-78.
7. Raimzhanov B.R., Khasanov A.R. Assessment of the structural disturbance of the rock mass by rating classifications for the mines of the Zarmitan gold zone // *Gorny information and analytical bulletin.* – M.: "Gomaya kniga", 2020. – No. 5, pp. 115-127.
8. Sozonov K.V. Stableness improvement of the excavations during the chamber-and-pillar development of Yakovlevsky Deposit reserves. *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium.* – Vol. 1, pp. 1653-1657.
9. Gobov N.V., Rozhkov A.A. Search for the technology of mining a gold ore deposit with different conditions of occurrence of ore bodies. *Problemy nedropol'zovaniya*, 2018. – No. 2, pp. 30-39.
10. Khakimov Sh.I., Tadjiyev Sh.T., Kobilov O.S., Giyazov O.M. Justification of the floor height in the development of steeply dipping vein deposits. *Mining Bulletin of Uzbekistan*, 2020. – No. 1 (80), – pp. 7-9.
11. Khakimov Sh.I., Urinov Sh.R. Sublevel system with artificial pillars from a hardening backfill for mining veins in difficult geomechanical conditions. *Journal of Mining Sciences and Technologies.* – Vol. 6, –No. 4 (2021), pp. 252-258.
12. Raimzhanov B.R., Khakimov Sh.I., Khamzaev S.A. Sublevel Mining System with Artificial Pillars Made of a Hardening Backfills for The Development of Veins in Difficult Geomechanical Conditions. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies.* – Vol. 03. – Issue 12-12. – 2021, pp. 98-103.
13. Raimzhanov B.R., Khakimov Sh. I, Khamzaev S.A., Ravshanov A.A. Mining systems with shrinkage stopping and the formation of artificial pillars to support unstable rocks of vein deposits. *Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ).* – Vol. 9, Issue 10-10. – 2021, pp. 746-752.

HT-425/3000

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Всегда жизнь в металл

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)

## ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ШПУРОВОГО ЗАРЯДА С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЗАБОЙКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА



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



**Гиязов О.М.,**  
ст. преподаватель кафедры  
«Горное дело» НГГИ



**Носиров Б.,**  
ассистент кафедры  
«Общая физика» НГГИ



**Мехмонов М.Р.,**  
ассистент кафедры  
«Горное дело» НГГИ

*Maqolada shpur zaryadlaridagi portlovchi moddalarning detonatsiya mahsulotlarini ta'sirini elektrogidravlik effekt asosida o'chaydigan laboratoriya modeli taklif etiladi. Elektrogidravlik ta'sirining asosiy operatsion omili yuqori va o'ta yuqori impulsli gidravlik bosimdir, bu esa tovush va ultratovush tezligi bilan zarba to'liqlarining paydo bo'lishiga olib keladi. Laboratoriya tadqiqotlari natijalari berilgan.*

**Tayanch iboralar:** quduq, ishlanma, detonatsiya mahsulotlari, elektrogidravlik effekt, bosim, polimer, tok pulsi.

*В статье предложена лабораторная модель, имитирующая действие продуктов детонации взрыва шпурового заряда взрывчатых веществ на основании электрогидравлического эффекта. Основным действующим фактором электрогидравлического эффекта является высокое и сверхвысокое импульсное гидравлическое давление, приводящее к появлению ударных волн со звуковой и ультразвуковой скоростями. Даны результаты лабораторных исследований.*

**Ключевые слова:** шпур, выработка, продукты детонации, электрогидравлический эффект, давление, полимер, импульс тока.

В настоящее время, большая часть работ в рудных шахтах выполняется буровзрывными работами, поэтому повышение эффективности буровзрывных работ очень важно. В практике ведения горных работ, практически единственным методом дробления горных пород является метод шпурового и скважинного зарядов, которому следует уделять особое внимание для повышения эффективности ведения взрывных работ.

При ведении взрывных работ применение забойки является фактором, обуславливающим условие и эффективность действия взрыва.

От материала, размера и качества забойки в определенной степени зависит коэффициент использования шпура, развал горных пород, равномерность фрагментации, количество вредных газов и пыли, выделяющихся в атмосферу подземных горных выработок при массовых взрывах [1-4].

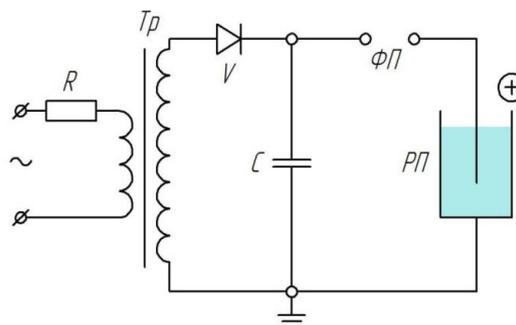
Несмотря на наличие теоретических и эмпирических соотношений, при определении разумных параметров взрывных работ и забойки не всегда учитываются некоторые факторы: свойства материала забойки, его распор, влияние направления инициирования, переуплотнение и изменение давления в шпуре на истечение продуктов детонации и т.п.

В то же время, обобщенная зависимость, основанная на многомерных экспериментах очень затруднительна, неудобна в реальных расчетах и необоснованно недооценивается влияние отдельных факторов.

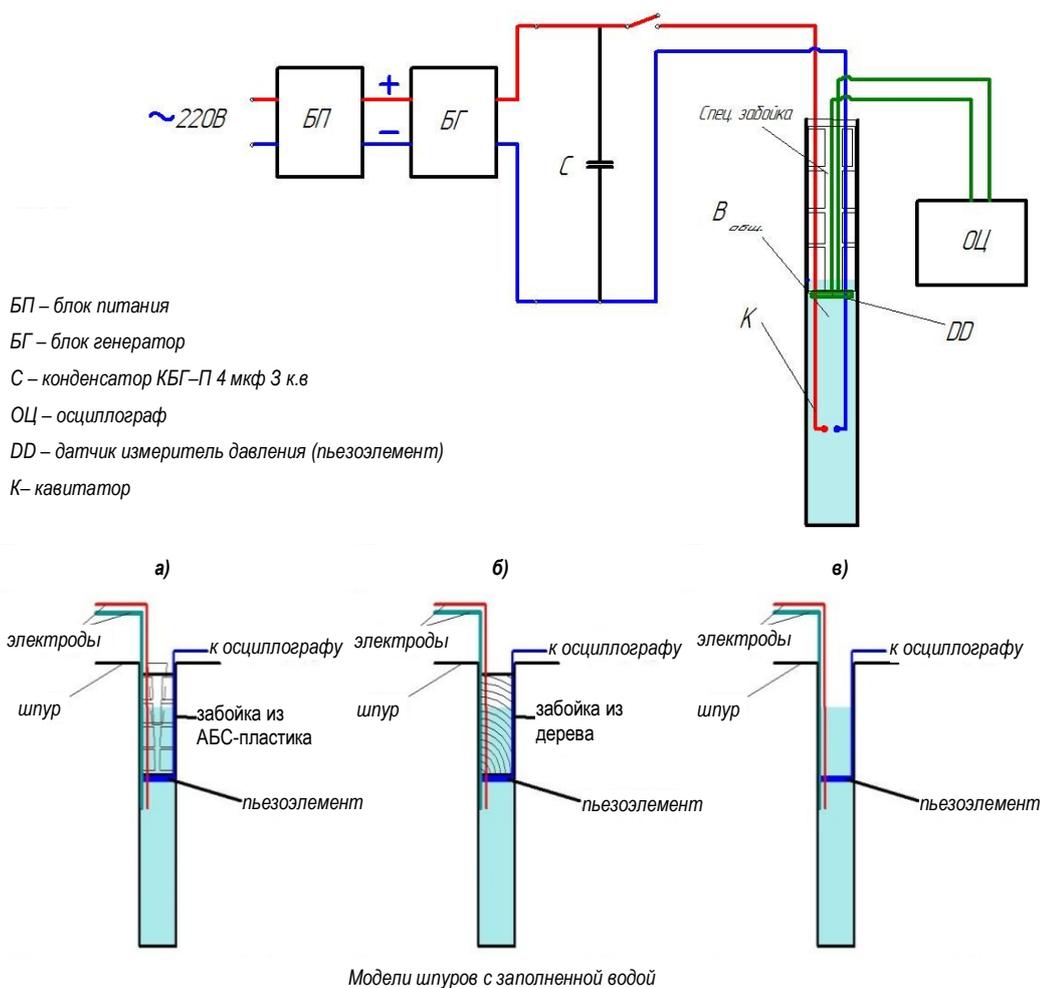
В настоящее время, также недостаточно исследовано влияние параметров материала забойки и движения истечения продуктов детонации на качество и произведенный взрывной эффект цилиндрического заряда в шпуре [5].

Чтобы прояснить факты о влиянии забойки на эффективность разрушения горных пород при взрыве удлиненных ВВ, необходимо сравнить процесс истечения продуктов детонации из шпура с различной забойкой, так как это один из факторов улучшения взрывного эффекта при использовании шпуровых зарядов ВВ при проходке горных выработок.

В связи с этим, появляется необходимость определения режима падения давления продуктов детонации в шпурах для различных типов забоек, а также разработка нового типа забойки, что может обеспечить самый высокий уровень разрушения горных пород.



**Рис. 1.** Электрическая схема для воспроизведения ЭГЭ с одним формирующим промежутком:  $K$  – зарядное сопротивление,  $Tp$  – трансформатор,  $V$  – выпрямитель,  $\Phi\Pi$  – формирующий искровой промежуток,  $P\Pi$  – рабочий и искровой промежуток в жидкости,  $C$  – рабочая емкость-конденсатор



**Рис. 2.** Разработанная лабораторная модель электрогидравлической установки с шпуровыми зарядами с различными типами забойки : а – с забойкой из АБС-пластика; б – с забойкой из дерева; в – без забойки

При этом, новый тип забойки при ведении ВР должен обеспечить повышение КИШ качества дробления и оптимальный развал взорванной горной породы, являющейся актуальной научно-технической задачей в теории и практике горного производства, решение которой способствует повышению экономической эффективности работы предприятий.

На процесс взрывного разрушения горных пород существенное влияние оказывают физико-технические параметры забойки: длина, плотность, конструкция, материал, коэффициент трения скольжения и др. Теоретическая оценка этих факторов требует значительные трудовые и материальные затраты. Нами предложен новый тип забойки на основе полимерных материалов, поэтому было решено экспериментально определить влияние этих параметров на истечение продуктов детонации из шпура.

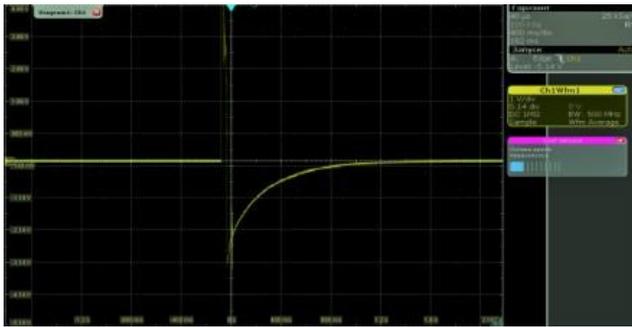
Нами разработана лабораторная модель, имитирующая действие продуктов детонации взрыва шпурового заряда ВВ на основании электрогидравлического эффекта. Сущностью электрогидравлического эффекта (ЭГЭ) является преобразование электрической энергии в механическую, совершающаяся без посредства промежуточных механических звеньев.

Суть метода заключается в том, что при проведении специально сформированного импульсного разряда в объеме жидкости, находящемся в открытом или закрытом сосуде, вокруг

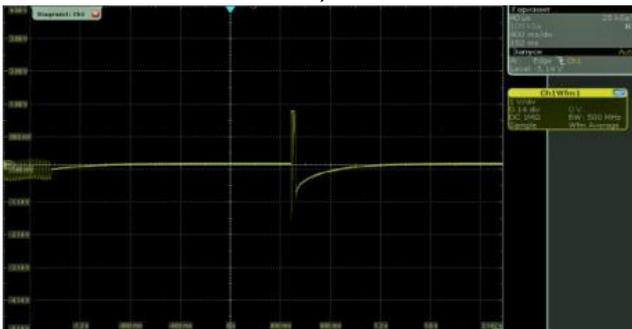
области его формирования возникает сверхвысокий гидродинамический разряд. Давление способно совершать полезную механическую работу и сопровождается комплексом физических и химических явлений [6].

Основными факторами, определяющими возникновение электрогидравлических эффектов, являются амплитуда, крутизна фронта, форма и длительность импульса тока. Длительность импульса тока измеряется в микросекундах, поэтому мгновенная мощность импульса тока может достигать сотен тысяч кВт. Все это приводит к резкому и значительному повышению давления в жидкости, что в свою очередь приводит к сильному механическому воздействию разряда. Основным действующим фактором электрогидравлического эффекта является высокое и сверхвысокое импульсное гидравлическое давление, приводящее к появлению ударных волн со звуковой и ультразвуковой скоростями. Все эти факторы позволяют оказывать самые разнообразные физические воздействия на жидкость и объект, помещенных в жидкость.

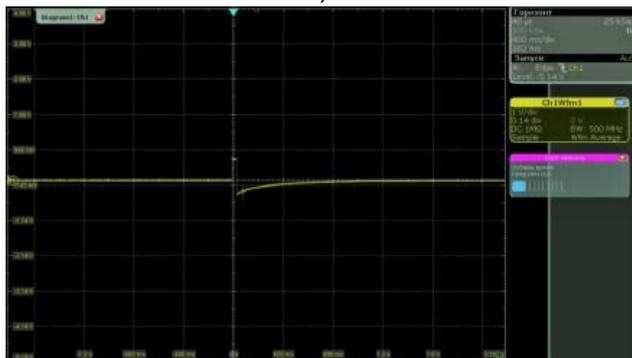
Для разработки лабораторной модели электрогидравлической установки для имитации давления и ударной волны, возникающих при взрыве, использовалась принципиальная электрическая схема получения электрогидравлического эффекта, возникающего в зоне высоковольтного искрового разряда в жидкой среде, которая



а)



б)



в)

**Рис. 3. Экспериментально полученные данные осциллограмм напряжения при применении различных типов забоек: а – при разработанной конструкции; б – при деревянной забойке; в – без забойки**

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

Номер и кол-во экспериментов	Без забойки, В	Деревянная забойка, В	Забойка из АБС-пластика, В
1	1,10	6,9	8,4
2	1,02	7,1	8,3
3	1,08	7,1	8,5
средний	1,1	7,1	8,4

обеспечила бы подачу тока на рабочий промежуток в виде короткого импульса при помощи мгновенного ударного подключения накопителя энергии. Таким образом, для создания электрогидравлических ударов, была предложена схема, включающая источник питания с конденсатором в качестве накопителя электрической энергии (рис. 1) [7, 8].

На основании выше изложенного, разработана лабораторная модель, имитирующая действие продуктов детонации взрыва шпурового заряда ВВ для лабораторных испытаний сопротивления забойки на истечения давления, возникающие при электрогидравлическом эффекте (рис. 2).

При организации экспериментальных исследований приняты допущения, что истечение ПД при применении забойки, в принципе, немного отличается от истечения ПД при взрыве того же заряда без забойки. Взрыв заряда в шпуре моделировался в полимерной цилиндрической трубе заполненной водой, длиной 1 м и внутренним диаметром 40 мм, с вмонтированной в неё забойкой и установленным на ней пьезоэлементом марки Пьезо-М-35t-2.6b1, d=34 мм, с использованием электрогидравлического эффекта для снятия электрических напряжений под влиянием давления, возникающего при электрогидравлическом эффекте Юткина Л.А. Фиксация полученного напряжения от пьезоэлемента регистрировалась на осциллографе марки RTO2044. В качестве материала забойки длиной 0,13 м использовали дерево, АБС-полимер и конструкцию без забойки.

Были проведены серии экспериментов для различных забоек, полученные результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 3 и табл. 1.

Как видно из полученных осциллограмм, при применении забойки из АБС-полимера достигается более высокий показатель сопротивления забойки на давление в виде электрического напряжения.

На основании сравнения полученных экспериментальных данных напряжений для различных типов забоек, методом расчёта, установлен коэффициент, учитывающий сопротивляемость забойки истечению продуктов детонации  $K_{заб} = 1,18$ .

### Библиографический список:

1. Заиров Ш.Ш., Тлеумуратов С.Ж., Мехмонов М.Р., Арзиева С.И., Хамраева М.О. Конструирование скважинных зарядов взрывчатых веществ с использованием эффекта турбовзрывания // Евразийский горный конгресс. Сборник докладов. Ноябрь, 2021 г. – Навои: «Узбекистан». – С. 160-164.
2. Мислибаев И.Т., Назаров З.С., Гиязов О.М. Опытные–промышленные испытания и промышленное внедрение разработанной конструкции запирающей забойки шпуровых зарядов взрывчатых веществ при проходке подземных горных выработок // Евразийский горный конгресс. Сборник докладов. Ноябрь, 2021 г. – Навои: «Узбекистан». – С. 115-117.
3. Мислибаев И.Т., Назаров З.С., Гиязов О.М., Ермекаев У.Б. Качество и длина забойки как фактор, влияющий на эффективность буровзрывных работ при проходке горизонтальных горных выработок // Евразийский горный конгресс. Сборник докладов. Ноябрь 2021 г. – Навои: «Узбекистан». – С. 164-166.
4. Гиязов О.М. Запирающее действие забойки из полимерных материалов при взрывании шпуровых зарядов. // Республиканская научная онлайн конференция. – Нукус: Узбекистан. Ноябрь, 2021 г. – С. 99-101.
5. Йонсон Г., Хофмайстер В. Влияние забойки на результаты взрыва зарядов в шпурах диаметром 36 мм. Сборник докладов, прочитанных на научном VI симпозиуме в феврале 1961 г. в г. Ролла (США) по бурению, взрывчатым веществам, взрывным работам и исследованию физико-механических свойств горных пород // Госгортехиздат, 1972 г. – С. 152-155.
6. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. – Москва. Лит. Машгиз, 1955 г. – 52 с.
7. Юткин Л.А., Гольцов Л.И., Способ получения высоких и сверхвысоких давлений. А. с. 105011.
8. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Ленинград: «Машиностроение». Ленинградское отделение, 1986 г. – 246 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ОТ ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАСС



**Куролов А.А.**,  
начальник Центрального проектного  
бюро АО «НГМК», к.т.н.



**Тухташев А.Б.**,  
заведующий кафедрой  
«Горное дело» НГГИ, д.т.н.



**Ражабов Э.Х.**,  
инженер горной группы Центрального  
проектного бюро АО «НГМК»

*Maqolada ekskavator-avtomobil komplekslari (EAK) samaradorlik parametrlarining texnologik trassalar bo'ylama qiyaligiga bog'liq holda o'zgarishi ko'rib chiqiladi.*

**Tayanch iboralar:** bog'liqlik, samaradorlik, ekskavator va avtomobil kompleksi, bo'ylama qiyalik, texnologik trassa.

*V stat'ye rassmatrivayetsya zavisimost izmeneniya parametrov effektivnosti ekskavatorno-avtomobilnykh kompleksov (EAK) ot prodolnykh uklonov texnologicheskikh trass.*

**Ключевые слова:** зависимость, эффективность, экскаваторно-автомобильный комплекс, продольный уклон, технологическая трасса.

В виду того, что в реальности, геометрия маршрутов движения карьерных автосамосвалов характеризуется большим разнообразием, а также имеются значительные изменения величин продольного уклона в пределах одной трассы, возникает необходимость применения единой расчетной схемы маршрута для получения закономерностей изменения производительности и расхода топлива карьерных автосамосвалов от продольного уклона трассы.

Любую трассу можно представить в виде простой, в соответствии с рис. 1, если допустить незначительное изменение продольных уклонов от трассы. Применяя такую расчетную схему маршрута, мы используем допущение о пренебрежении снижения скорости автомобиля на криволинейных участках трассы.

Длина транспортирования:

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{гв}} + L_{\text{н}} + L_{\text{гн}}$$

где  $L_{\text{гв}}$  – длина горизонтального верхнего участка маршрута, км;

$L_{\text{н}}$  – длина наклонного участка маршрута, км;

$L_{\text{гн}}$  – длина горизонтального нижнего участка маршрута, км,

$H$  – перепад высот транспортирования, м.

Продольный уклон дороги оказывает сложное воздействие на производительность ЭАК. Рассмотрим простой ЭАК, состоящий из

одного экскаватора и автосамосвалов. С одной стороны, если принять техническую скорость автосамосвала неизменной, тогда с увеличением продольного уклона за счет уменьшения расстояния транспортирования производительность ЭАК будет увеличиваться. С другой стороны, увеличение уклона приводит к снижению технической скорости, что увеличивает время транспортирования, а следовательно, уменьшает производительность [1].

Помимо производительности карьерных автосамосвалов, продольный уклон трассы также будет оказывать влияние и на структуру ЭАК. Так, например, уменьшение продольного уклона повлечет за собой увеличение расстояния транспортирования и времени движения автосамосвалов, что вызовет необходимость увеличения их количества.

Для расчетов и анализа зависимости параметров эффективности ЭАК от продольных уклонов можно применять простую схему, при различных продольных уклонах и неизменном перепаде высоты на 150 м. Расстояние транспортирования существенно меняется, как указано на рис. 2, а методы расчётов изменений параметров эффективности ЭАК от продольных уклонов производились по методике, разработанной проф. Медниковым Н.Н. [2].

Результаты приведены в табл. 1.

Из вышеуказанного рассмотрим простой ЭАК, состоящий из одного экскаватора с объемом ковша 5 м<sup>3</sup> и автосамосвалов с грузоподъемностью 55 т.

Анализ модели может быть выполнен при любых наборах автосамосвалов, и различными грузоподъемностями при различных трассах и физико-технических показателях горных пород.

В результате расчетов приведённых в методике, заложенных в программу ЭВМ, получают данные для построения следующих зависимостей от числа автосамосвалов в комплексе:

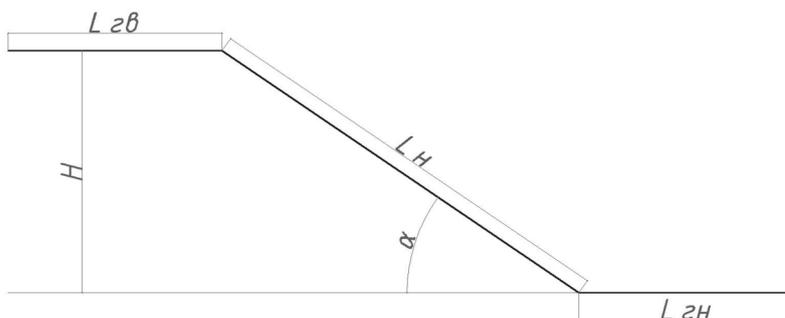


Рис. 1. Простая схема трассы

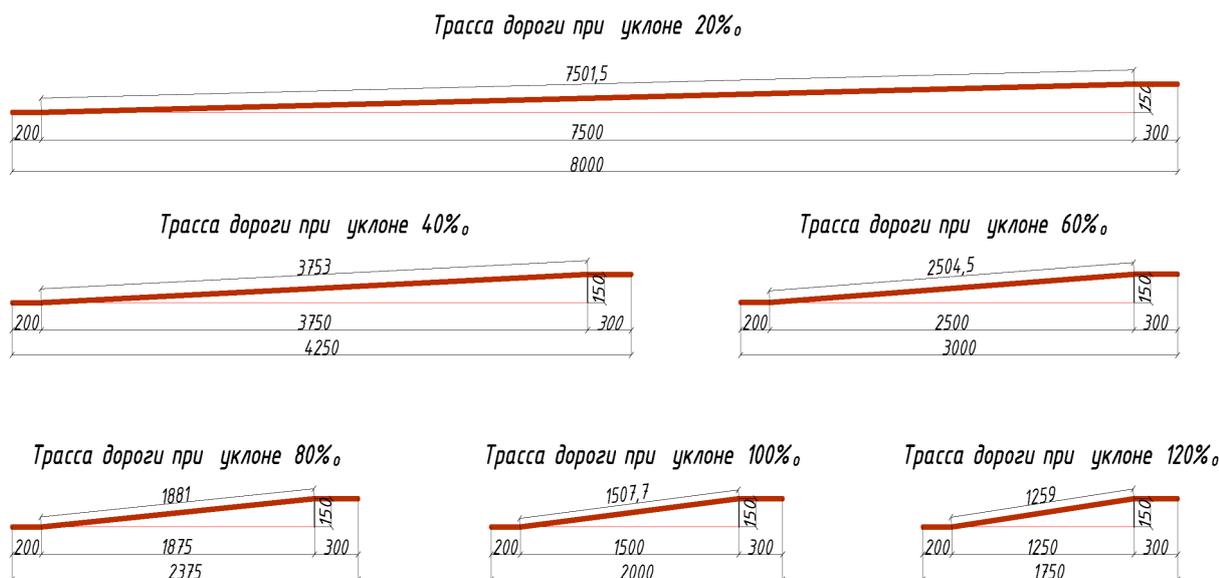


Рис. 2. Трасса дороги при разных продольных уклонах

- коэффициент загруженности экскаватора;
- сменная производительность комплекса;
- сменная производительность автосамосвала;
- число автосамосвалов, ожидающих погрузку в очереди;
- расход дизтоплива.

На рис. 3. представлена зависимость изменения производительности автосамосвала и количества автосамосвалов от продольного уклона трассы. Однако, увеличение расстояния транспортировки, при подъеме на 150 м и уменьшение продольного уклона трассы также, приведет к росту числа автосамосвалов.

При построении диаграммы, можно понять, что продольный уклон трассы оказывает значительное и весьма сложное влияние на производительность автосамосвала и, следовательно, при уменьшении продольного уклона количество автосамосвалов будет увеличиваться.

Такой характер изменения производительности обусловлен не только изменением количества автосамосвалов в ЭАК в зависимости от уклона трассы, но и косвенным влиянием других структурных параметров ЭАК. Так, например, погрузка одного и того же автосамосвала разными экскаваторами даст разные значения коэффициента использования грузоподъемности, что в свою очередь скажется на скорости движения автосамосвала на уклоне.

Тягово-скоростные свойства автосамосвала определяют его способность преодолевать уклоны различной величины и, в свою очередь, оказывают влияние на характер производительности ЭАК от продольного уклона трассы.

Таким образом, продольный уклон трассы оказывает значительное и весьма сложное влияние на производительность ЭАК и, следовательно, может быть использован для выбора его рациональной структуры для эксплуатации с максимальной производительностью [3].

Благодаря проведенным исследованиям было выявлено, что наибольшее влияние, как на производительность автосамосвала, так и на расход топлива автосамосвалов оказывает продольный угол трассы. Одним из путей повышения эксплуатационной эффективности автомобильного транспорта является снижение расхода топлива.

С другой стороны, уменьшение уклона приводит к повышению расхода топлива и смазочных материалов, увеличению простоев автосамосвалов на техническом обслуживании и ремонте, более быстрому износу парка автосамосвалов и, значит, увеличению эксплуатационных расходов по соответствующим статьям [4].

Таким образом, исследование, направленное на установление закономерностей влияния продольного уклона трассы и перепада высоты транспортирования, на расход топлива, является актуальной задачей.

Следовательно, задача состоит из исследования и анализа влияния продольного уклона трассы на изменение расхода топлива автосамосвала и количества автосамосвалов.

На рис. 4. представлена зависимость изменения расхода топлива и количества автосамосвалов от продольного уклона

Изменение параметров ЭАК от продольного уклона трассы при подъеме на 150 м

Таблица 1

Продольный уклон трассы, $i$ (%)	Общее расстояние транспортирования, км	Кол-во автосамосвалов, ед.	Производительность комплекса, $m^3$	Производительность автосамосвала, $m^3/см$	Пробег автосамосвала, $км/см$	Расход топлива, $л/см$
20	8,0	7,8	1637,0	380,2	128,7	1,48
40	4,3	5,6	1637,7	522,1	93,4	1,06
60	3,0	4,9	1638,0	598,0	75,0	0,96
80	2,4	4,7	1637,7	623,1	62,5	0,92
100	2,2	4,5	1637,6	655,8	54,0	0,90
120	2,0	4,4	1637,5	673,5	48,5	0,89

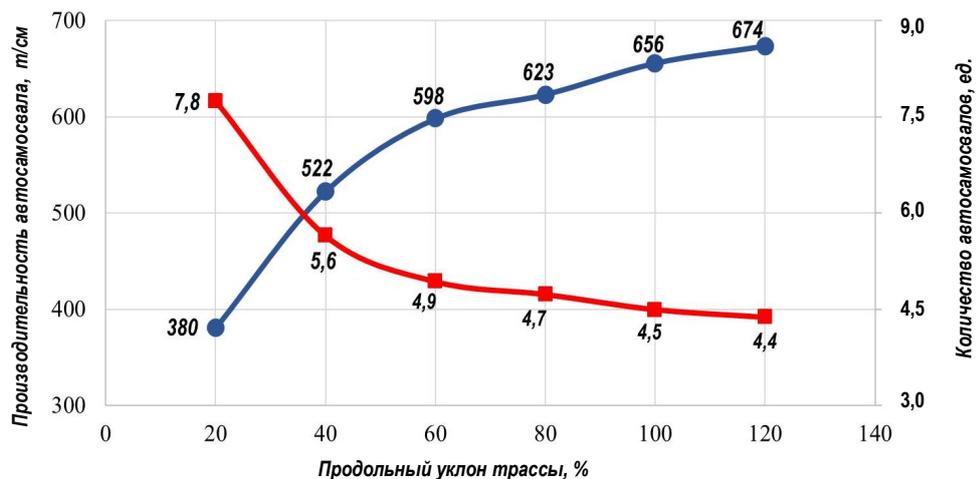


Рис. 3. Зависимость изменения производительности автосамосвала и количества автосамосвалов от продольного уклона трассы

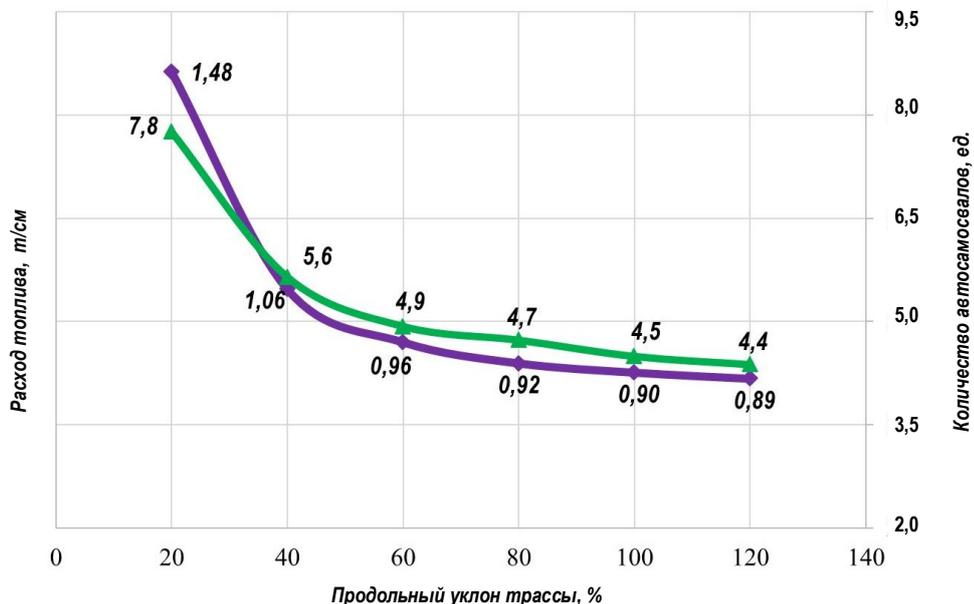


Рис. 4. Зависимость изменения расхода топлива и количества автосамосвалов от продольного уклона трассы

трассы. Как показано на рис. 4., при уменьшении продольного уклона трассы, расстояние транспортирования при перепаде высоты на 150 м начинает увеличиваться, при этом количество автосамосвалов и расход топлива начинает значительно увеличиваться.

Таким образом, по результатам мониторинга работы экскаватора с объемом ковша 5 м<sup>3</sup> и автосамосвала с грузоподъемностью 55 т были произведены аналитические расчеты и построены графики зависимости изменения производительности экскаваторно-автомобильного комплекса от продольных уклонов трасс. Помимо производительности карьерных автосамосвалов, продольный уклон трассы также будет оказывать влияние на структуру ЭАК.

Так, например, уменьшение продольного уклона повлечет за собой увеличение расстояния транспортирования и времени движения автосамосвалов, что вызовет необходимость увеличить количество автосамосвалов. Увеличение количества автосамосвалов приводит к повышению расхода топлива и смазочных материалов [5].

При различных сочетаниях экскаваторно-автомобильных комплексов оптимумы приходятся на диапазон продольного уклона трассы 80-100%.

Это объясняется тем, что диапазон расстояния транспортирования, а, следовательно, затраты на содержание карьерных дорог и затраты топлива на транспортирование горной массы, уменьшаются.

#### Библиографический список:

1. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. – М.: Недра, 1978. – 98 с.
2. Медников Н.Н. Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ. Учебное пособие. – М.: МГУ, 1996. – С. 47-128.
3. Ржевский В.В., Истомина В.В., Супрун В.И. Комплексы оборудования и вскрытие рабочих горизонтов мощных глубоких карьеров. Горный журнал, 1982. – № 11. – С. 27-30.

4. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров. – М.: Недра, 1983. – 295 с.  
5. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров. – М.: Издательство академии горных наук, 2001. – С. 494-500.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 1(88) pp. 24-27

**DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY PARAMETERS OF THE ROAD HAULAGE SYSTEMS ON THE LONGITUDINAL GRADIENT OF THE TECHNOLOGICAL ROUTES**

<sup>1</sup>**Kurolov A.A.**, Head of the Central Design Bureau, Candidate of Technical Sciences.  
<sup>2</sup>**Tukhtashev A.B.**, Head of the Mining Department, Doctor of Technical Sciences.  
<sup>1</sup>**Razhabov E.Kh.**, Engineer of the Mining Group, Central Design Bureau

<sup>1</sup>**JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine, Uzbekistan.**  
<sup>2</sup>**Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan.**

The article considers the dependence of the change in the efficiency parameters of Road Haulage Systems (RHS) on the longitudinal gradients of technological routes.

**Keywords:** Dependence, efficiency, road haulage systems, longitudinal gradient, technological route.

**Bibliographic list:**

1. Rzhnevsky V.V. Open pit mining processes. – М.: Nedra, 1978. – 98 p.
2. Mednikov N.N. Mathematical methods and models in computer calculations. Tutorial. – М.: MGGU, 1996, pp. 47-128.
3. Rzhnevsky V.V., Istomin V.V., Suprun V.I. Complexes of equipment and opening of working horizons of large deep quarries Mining journal. – 1982. – No. 11, pp. 27-30.
4. Vasiliev M.V. Transport of deep quarries. – М.: Nedra, 1983. – 295 p.
5. Trubetskoy K.N., Krasnyansky G.L., Khronin V.V., Kovalenko B.C. Quarry design. – М.: Publishing house of the Academy of Mining Sciences, 2001, pp. 494-500.

**НФ-630; НФ-1200М-03**

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ  
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ СТАНОК**



**NMZ**  
Минералы жизни и металла

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)

## ФЕНИТИЗАЦИЯ И СВЯЗАННОЕ С НЕЙ ОРУДЕНЕНИЕ В КОШРАБАДСКОМ ИНТРУЗИВЕ (ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН)



**Ризаев М.М.,**  
главный специалист по твёрдым  
полезным ископаемым,  
геолог ГУП "Регионалгеология"  
Госкомгеологии РУз.



**Ташпулатов Ш.Т.,**  
главный геолог  
ГУП "Регионалгеология"  
Госкомгеологии РУз.



**Мусаев А.М.,**  
старший научный сотрудник  
Института геологии и геофизики  
им. Х.М. Абдуллаева  
Госкомгеологии РУз.,  
канд. г.-м.н., доцент



**Джуманиязов Д.И.,**  
младший научный сотрудник  
Института геологии и геофизики  
им. Х.М. Абдуллаева  
Госкомгеологии РУз.

*Tukman ma'dan namoyoni strukturaviy jihatdan Zarmitan oltin ma'dan zonasining shimoliy qismini egallaydi va Shimoliy Nurota antiklinoriyasining janubiy qanotida joylashgan. Janubiy Tyan-Shan gersin burmali kamarining Zarafshon-Turkiston strukturaviy-formatsion zonasining ajralmas qismidir. Ma'dan namoyoni Qo'shrobd intruziyasining markaziy qismining urazali yorig'i bilan tutashgan hududda joylashgan bo'lib, bu uni Charmiton ma'dan konining (ChMK) boshqa qismlaridan ajratib turadi, bu esa Urazali ma'dan namoyonining sharqiy davomi hisoblanadi va ohirgisining geologik tuzilishining o'ziga xos xususiyatlarini saqlab qoladi. Ma'dan maydonining strukturasi pozitsiyaning yagonaligi va ma'dan joylashuvining asosiy qonuniyatlari bilan tavsiflanadi. Tog' jinslari va ma'danlar tarkibini o'rganish O'zbekiston Respublikasi Davlat geologiya qo'mitasining markaziy laboratoriyasida, tog' jinslari va sulfidlardagi petrogen va nodir elementlarning tarkibini aniqlash ICP MS usullari yordamida ICPE-9000 spektrometrida amalga oshirildi. Qo'shrobd intruzivida erta fenitizatsiya kech avtometasomatik metasomatitlar bilan almashadi. Shu bilan birga, erta fenitizatsiya belgilari magmatik bosqichda kaliy-natriy dala shpatlarining ishqoriy amfibol-kataforit bilan paragen kristallanishi tufayli oligoklazli fenitlarining shakllanishi ko'rinishida saqlanib qolgan va Kola yarim orolining hamda Ural klassik fenitlariga muqobildir.*

**Tayanch iboralar:** fenitlar, metasomatitlar, katoforit, nefelinli siyenitlar, ma'dan tarkibi, oltin, sulfidlar, melanokratli fatsiyalar, assimilyatsiya, ma'dan lokalizatsiyasi, avtoskarlar, nodir elementlar, petrogen elementlar.

*Рудопоявление Тукман структурно занимает северную часть Зармитанской золоторудной зоны, размещенной в южном крыле Северо-Нуратинского антиклинория. Она является составной частью Зарафшано-Туркестанской структурно-формационной зоны Южно-Тяньшаньского герцинского складчатого пояса. Рудопоявление находится в центральной части Кошрабадского интрузива в районе сочленения с Уразальским разломом, чем и отличается от других участков Чармитанского рудного поля (ЧРП), являясь восточным продолжением Уразальского рудопоявления и сохраняет особенности геологического строения последнего. Характеризуется единством позиций в структуре рудного поля и основных закономерностей рудолокализации. Исследование состава пород и руд выполнено в Центральной лаборатории Госкомгеологии Республики Узбекистан, определение содержания петрогенных и редких элементов в породах и сульфидах проводили методами ICP MS на спектрометре ICPE-9000. В Кошрабадском интрузиве ранняя фенитизация затумована поздними автотометасоматическими метасоматитами. В то же время признаки ранней фенитизации сохранились в виде формирования олигоклазовых фенитов в магматическую стадию за счет парагенной кристаллизации калий-натриевых полевых шпатов с щелочным амфиболом-катафоритом адекватно с классическими фенитами Кольского полуострова и Урала.*

**Ключевые слова:** фениты, метасоматиты, катифорит, нефелиновые сиениты, вещественный состав руд, золото, сульфиды, меланократовые фации, ассимиляция, рудолокализация, автоскарны, редкие элементы, петрогенные элементы.

Известно, что все крупные, богатые редкими металлами массивы щелочных пород при образовании предваряются, т.е. сопровождаются процессом галлоидно-щелочного метасоматоза-фенитизации. Ее можно считать началом магматического замещения – гранитизации отдельных блоков земной коры по Коржинскому Д.С. [1]. Наиболее крупные изученные массивы щелочных пород в пределах Евразии встречаются в Хибинских тундрах на Кольском полуострове (Хибинский, Октябрьский, Ловозерский и Вишневогорский на Урале и др.).

Результаты изучения фенитов этих массивов и связанных с ними повышенных концентраций редких элементов приводятся в работах ряда исследователей [1- 5]. Отмечается [5], что центральные части массивов сложены нефелиновыми сиенитами. В приконтактовых частях таких массивов с рамой в зависимости от состава вмещающей толщи развиваются фениты имеющие разнообразные

виды: апогранитогейсовые, апомигматитовые, аподиабазовые апопропититизированных зеленокаменных пород. Они возникают на фронте магматического замещения вокруг нефелиновых сиенитов слагающих центральные части интрузивов, где интенсивный послемагматический автотометасоматоз приводит к возрастанию концентраций редких элементов, за счет переработки пород, подвергшихся раннему региональному метаморфизму со своей долей баланса выщелоченных элементов.

По данным приведенным в источниках [5], на Кольском полуострове, где развиты наиболее крупные массивы нефелиновых сиенитов, их образование связывается с начальной стадией процесса фенитизации. Фениты начинают развиваться на краевых частях интрузивов и в значительной мере зависят от положения их контактной поверхности. В крутых контактах, а также, где плоскость контакта падает на сторону интрузивных тел фениты развиваются

Тук-1



**Рис. 1. Обр. Тук-1. Крупнозернистый гранодиорит.** Имеет равномерно-крупнозернистую гипидиоморфную структуру с массивной текстурой. Состоит из плагиоклаза, КПШ, кварца и тёмноцветных минералов-амфибола и биотита. Рудные минералы магнетит и гематит составляют около 2%

Тук-4



**Рис. 4. Обр. Тук-4. Гранодиорит.** Структура – гипидиоморфнозернистая. Текстура – массивная. Состоит из плагиоклаза и темноцветных минералов амфибола. В некоторых местах имеются кристаллики пироксена и биотита. Изменения цвета плагиоклазового выделения от белого до розового, связано наличием калишпата, замещённого альбитом (олигоклазом-кислым плагиоклазом)

Тук-2



**Рис. 2. Обр. Тук-2. Диоритовый порфирит.** Структура – порфировая. Текстура – массивная. Порфировые выделения размером до 1 см, представлены плагиоклазом. Большинство порфировых выделений постепенно измельчаясь размером сливаются с основной массой породы. Основная масса тёмно-серовато-зеленоватого оттенка, тонкозернистая, окружают порфировые выделения плагиоклаза. Текстура местами переходит в полосчатую-флюидальную в связи с движением магмы при внедрении

Тук-10а



**Рис. 5. Обр. Тук-10а. Интенсивно ожелезненный габбро-диабаз.** В результате выщелачивания темноцветных минералов порода становится пористой с многочисленными кавернами. Иногда поры достигают макроскопических размеров, доходя до несколько см. В породе сохранились редкие обломки ксенолитов сиенитов. Из-за неравномерного распределения скоплений граносиенитов порода приобретает брекчеевидную текстуру. Основная масса мелкозернистая, состоящая из смеси саллических и фемических минералов

Тук-3



**Рис. 3. Обр. Тук-3. Габбро сиенит.** Структура – гипидиоморфнозернистая. Текстура – массивная. Состоит из КПШ, пироксена, роговой обманки и плагиоклаза. Цвет породы коричневый из-за ожелезнения при разложении темноцветных минералов. В отдельных местах породы наблюдаются скопления кристаллов плагиоклаза напоминающие шпировые образования

Тук-12



**Рис. 6. Обр. Тук-12. Метаморфизованный, довольно дебазицированный диабаз.** Структура – мелкозернистая, с плотной текстурой, очень уплотнённой. Текстура массивная, полосчатая. Полосчатость выражается в смене слоёв, различающихся по размеру зерен. Толщина темных слоев 0,5-1 см, мощность утолщённой части достигает 3-5 см. Цвет породы светло-серый. Порода усечена микротрещинами, заполненными гидроксидами железа. Состав – смесь амфибола и др. темноцветных минералов с полевым шпатом

вдоль слоистости вмещающих гнейсированных архейских сланцев, образуя полосы и линзообразные выходы, но слоистость их меньше, чем когда контакт направляется в сторону от интрузива. В этих случаях, фениты образуют относительно длинные прослойки среди гранитогнейсов и рассланцованных пород линзовидные, удлиненные выходы на значительном расстоянии от интрузива. В зависимости от состава вмещающей толщи, фениты приобретают разно-

образные структурно-текстурные особенности и вещественные составы. Выделены апогранитогнейсовые [5], а в случае фенитизации габбро-диабазов, пироксенитов и амфиболитовых прослоек они также подвергаются на контакте с гнейсами, щелочному метасоматическому изменению, образуя меланократовые фации фенитов называемых твейтозитами.

Тук-13



**Рис. 7. Обр. Тук-13. Габбро диабаз.** Микрозернистая, редкопорфировая. Порфиоровые выделения плагиоклаза редко достигают 0,7-0,8 см. Они округлые, оvoidные со слабо очерченными краями местами таблитчатые, срощенные реликтами темноцветных минералов. Основным минералом, составляющим породу, является роговая обманка и пироксен. Пироксен образует черные кристаллики среди мелкозернистой массы, состоящей из хлоритизированного амфибола. Порода окислена, покрыта гидроксидом железа. В породе имеется ксенолит крупнозернистого порфириовидного гранодиорита эллипсоидной формы – в ширину 2 см, в длину 3-4 см. Контакт ксенолита резкий сваренный. Ксенолит состоит из плагиоклаза, КПШ, биотита и амфибола. Структура порфиоровая. Порфиоровое выделение представлено крупным кристаллом плагиоклаза, достигающий размера 2 см

Усиления фенитезации в сланцевых толщах приводит их к превращению в парогнейсы или апогнейсовые фениты. Часто в составе таких фенитов, преобладает олигоклаз, поэтому их называют олигоклазовыми фенитами. При усилении степени метаморфизма в экзоконтактах щелочных интрузий образуются содержащие гранат, силиманит и шпинель породы. В них обычно породообразующим минералом является биотит, обыкновенная роговая обманка спорадическими включениями пироксена, изредка оливина. Появление в составе фенитов калиевого полевого шпата и постепенное нарастание его количества приводит к образованию полевошпатовых фенитов. В таких породах амфибол бывает представлен катофоритом (рис. 1) образующим с калиевым полевым шпатом структурную основу фенита. Отсутствие реакционных взаимоотношений между катофоритом и калиевым полевым шпатом, указывает о их близко одновременном образовании. Наблюдаемое иногда замещение калинатовым полевым шпатом катофорита свидетельствуют о продолжительности кристаллизации калиевого полевого шпата по сравнению с катофоритом т.е. щелочной роговой обманкой. Появление в составе полевошпатовых фенитов нефелина указывает на эндоконтактовые образования нефелино-полевошпатовых интрузивных массивов. Имея общие черты и отличие с отмеченными особенностями фенитов указанного района в Кошрабадском интрузиве Западного Узбекистана, гранитоиды образовались после региональной фенитизации за счет постмагматических растворов гранитоидной магмы. Поэтому, в них, апогранитные фениты увеличивали степень концентрации редких и редкоземельных элементов и образование вокруг порфиоровых выделений калиевого полевого шпата олигоклазовых оторочек. Это связано с параллельным возрастанием химических потенциалов  $mCaO$  и  $mNa_2O$  в растворе, и они могут рассматриваться, как причина образования олигоклазовых фенитов в Кошрабадском интрузиве аналогичные с обычными для окружения эндоконтактовых частей массивов щелочных интрузий нефелиновых сиенитов Хибинской тундры и Урала.

Диаграмма 1

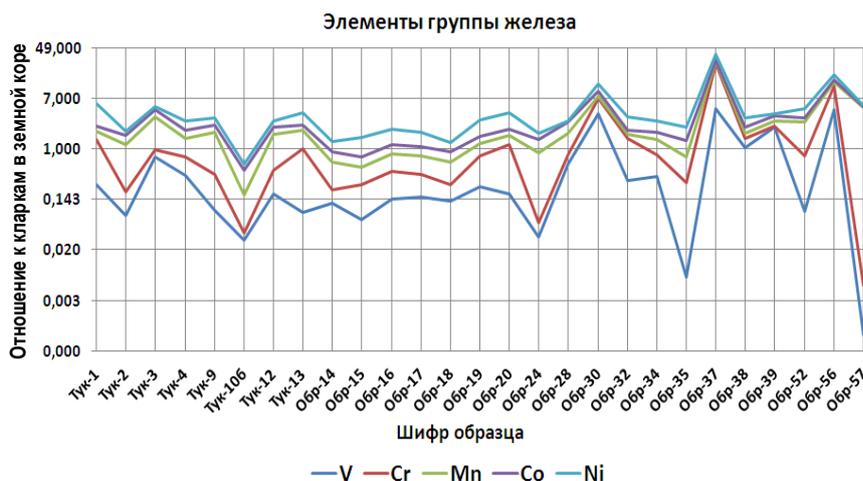
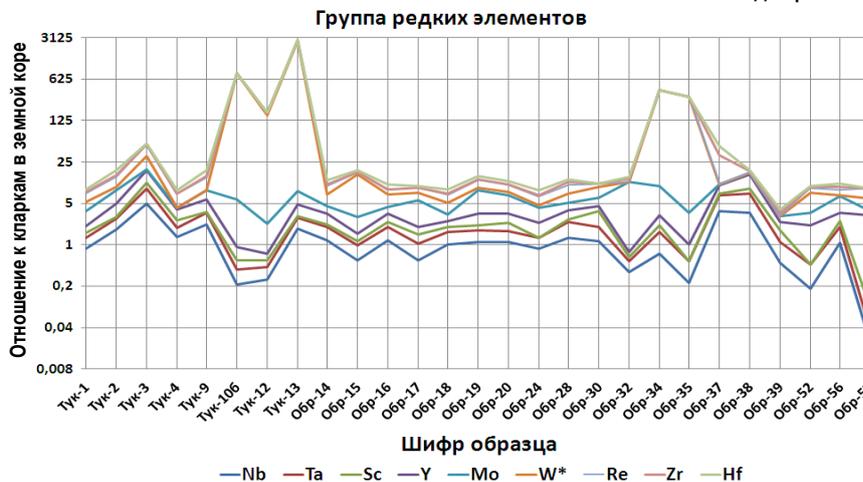


Диаграмма 2



В связи с этим, можно предположить наличие в рассматриваемом районе глубже гранитов присутствие тел нефелиновых сиенитов.

О твейтозитах, образующихся при фенитизации основных пород упомянутых выше нужно отметить, что они также широко развиты в центральной части Кошрабадского интрузива. Здесь присутствуют многочисленные ксенолиты габбро-диабазов Мальгузарского комплекса. Ими на участке Тукман сложены будинированные дайки, переработанные внедрившейся гранитоидной магмой данного массива пермского возраста в промежуточной камере которой, за счет ассимиляции габбро-диабазов гранитным расплавом образовалась промежуточная дебазифицированная магма соответствующая составу андезитового порфирита. Структурно тектоническая перестройка с проявлением разрывных нарушений привели к развитию сети субмеридионально ориентированных трещин в который был импрегнирован магматический расплав промежу-

точного состава образовав дайки различной мощности, на Тукманской площади представленные андезитовыми порфиридами. Термическое воздействие дайковых тел к окружающим гранитоидам в их междайковых участках способствовали за счет постмагматических растворов интродуцированной магмы развитию щелочно-галлоидного метасоматоза.

Это, главным образом, процесс альбитизации вытеснивший из состава плагиоклаза представленного в габбро-диабазе битовнитом и лабрадором превращая их в кислые андезины и олигоклазы. Возросший химический потенциал окиси кальция в постмагматическом растворе, так как CaO является петрогенным аналогом редких и редкоземельных элементов создали благоприятные условия их осаждению с сингенетичной обильной, редкоземельной, золоторудной и полиметаллической рудной минерализацией. Имеются участки развития в таких площадях сопряженные проявлением автоскарнов, возникших в более ранней высокотемпературной стадии процесса гидротермального рудообразования, несущая редкометальное (W, Mo, Sn) оруденение. Среди таких пород замечено формирование железорудной магнетит-пегматитовой рудной вкрапленной и небольшой мощности жильной железорудной минерализации. Основными рудовмещающими породами рассматриваемой площади являются гранодиориты, андезитовые порфириды, граносиениты т.е. щелочные граниты, а также габбро-диабазы силурийских даек Мальгузарского комплекса подвергшихся к различным степеням щелочно-галоидного метасоматоза вырисуывающихся из результатов масс-спектрометрического анализа (табл. 1) Краткая петрографическая характеристика этих пород приведена на рис. 1-7.

Минеральные ассоциации и геохимические особенности распределения рудовмещающих элементов приведенных пород в сравнении со средними содержаниями их в земной коре показаны ниже в соответствующих диаграммах на рис. 8.

Из диаграммы четко виден повышенный фон в этих породах ванадия, кобальта и никеля везде содержащихся в вышекларковых значениях местами достигающее выше семи и более кларка. Хром и марганец в этих породах в основном содержится в нижекларковых значениях, однако в породах с высоким содержанием ванадия, кобальта и никеля хром и марганец содержится выше кларка. На приведенной ниже диаграмме можно видеть сопряженное распределение редких элементов вольфрама и молибдена, местами достигающее превышения кларка в 500-1000 раз. Это согласуется с установленным нашими

Диаграмма 3



Диаграмма 4

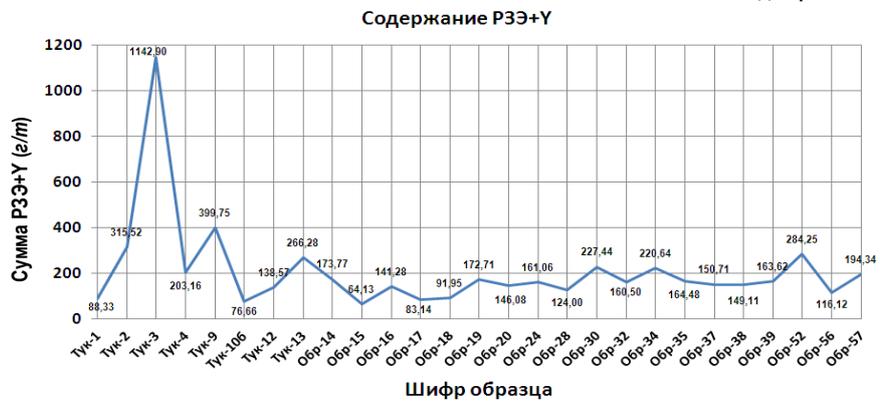


Диаграмма 5

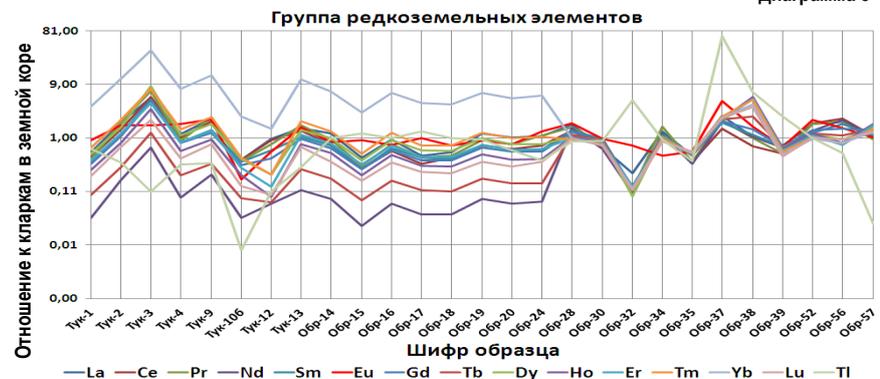


Диаграмма 6

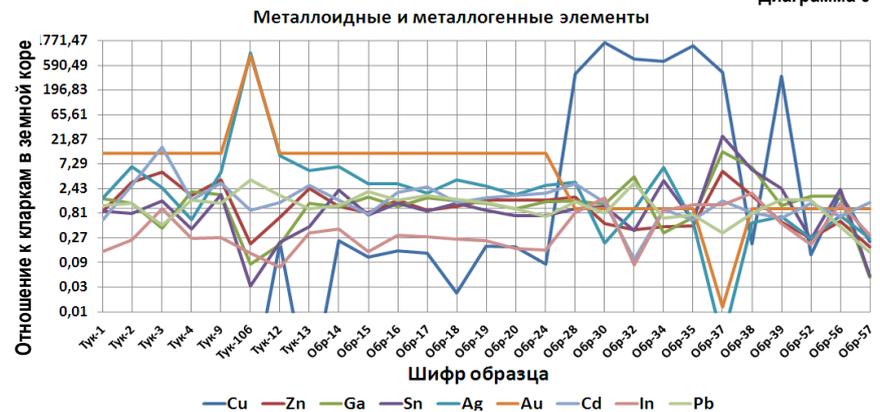


Диаграмма 7

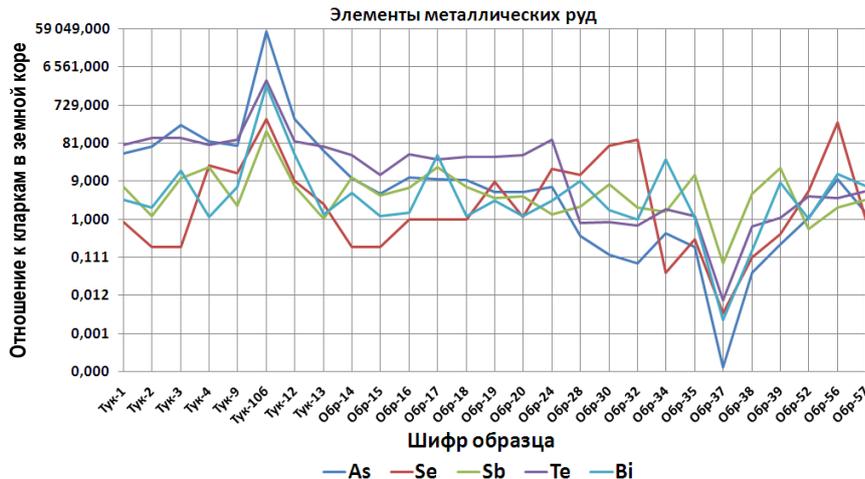


Диаграмма 8

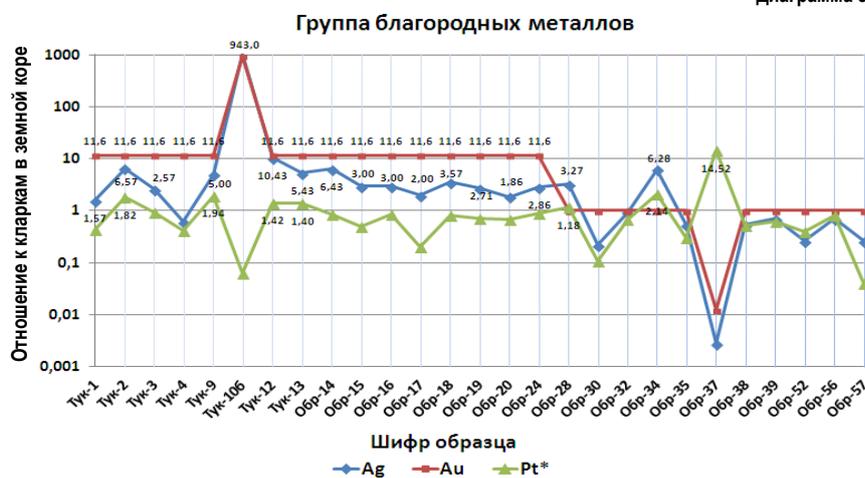


Рис. 8. Минеральные ассоциации и геохимические особенности распределения рудовмещающих элементов приведенных пород в сравнении со средними содержаниями их в земной коре. Диаграммы 1-8.

работами наличием автоскарнов на контактах габбро-диабазов с гранитоидами, где повышение фугитивности сульфидной серы приводит к образованию молибденита синхронно с образованием шеелита за счет возрастания активности углекислоты при метасоматическом изменении скарна под воздействием постмагматических гидротермальных растворов выше 450°C по Исмаилову М.И. [6] и Хамрабаеву А.И. [7]. В образцах взятых из отдельных зон метасоматических колонок скарнированных пород (Тук-106 и Тук-13, а также Тук-34, Тук-35 находится до 500-1000 раз превышающем кларк количестве. Содержание в этих породах других элементов-иттрия, скандия и тантала взаимно коррелируясь находится чуть выше кларков но, где в зонах повышено содержание вольфрама и молибдена указанные редкие элементы имеют околоскарновые количества местами опускаются ниже кларка.

Радиоактивные элементы ведут себя контрастно, уран максимально достигает более 10-кратного превышения кларка в образце Тук-106 а в других остается в кларковых количествах, при этом торий накапливается в околоскарновых породах Тук-34 и Тук-37 превышает кларк 6-8 раз в остальных случаях синхронно с ураном остается в кларковых значениях.

Редкоземельные элементы (диаграмма 4) совместно иттрием в отдельных образцах составляет до 1142,96 *г/т*, оставаясь в основном, околоскарновыми значениями и в то же время другие лантано-

иды находятся в кларковых и ниже кларковых количествах. Примечательно преобладание среди лантаноидов повышенное содержание иттербия (диаграмма 5), указывающее на специализацию Кошрабадского интрузива на тяжелый дорогостоящий редкоземельный элемент иттербия и этим отличающийся от остальных площадей Центрально-Азиатского складчатого пояса, тянущегося к северо-востоку от Кошрабада до внутренней Монголии северного Китая.

На диаграмме 6 металлоидных и металлогенных элементов бросается в глаза, что Тукманский участок Кошрабадского интрузива характеризуется повышенным преобладающим содержанием меди (обр. -30-37 и отдельно обр. -39) от одного до 70 кратного превышения кларка и цинка, достигающего в обр. Тук-106 сравнимых с медью значений. Основываясь на такие данные, нужно уточнять возможность поиска участков с медной и цинковой минерализацией измененных породах перспективных как рудопроявления.

В тыловых фациях метасоматических колонок кварц-полевошпатовых с наложенной березитизацией граносиенитах металлообразующие – рудогенные элементы сопряжено повышают свои содержания в следующем порядке мышьяка, теллура, висмута и селена показанном на диаграмме 7.

В зонах с золоторудной минерализацией серебряное оруденение по содержанию в породах находится ниже золоторудной в пределах 1-10 кларков местами спускаясь ниже него. Платина, оставаясь в ниже и около кларковых содержаниях, иногда дает пики, достигающие до 10 кларков (диаграмма 8).

Из приведенных материалов можно удостовериться, что в Кошрабадском интрузиве фенитизация связана с магматическими породами нижнекарбон-пермского периода с момента зарождения в недрах хребта северный Нуратау крупных очагов гранитоидного магматизма обусловившего внедрение комплекса гранитоидных пород в гомодромной габбро-гранитной последовательности. Между указанными формациями образовались породы средней основности диориты, кварцевые их разновидности, гранодиориты, адамеллиты и плагиограниты. При гравитационной дифференциации магмы они заняли определенные места интрузивного массива. Парциальные кристаллизационные давления этих пород при затвердевании расплава обусловили разные взаимоотношения между ними и образовали как резких, так и постепенных контактов между ними подчиняясь времени внедрения. Изучение петрографических особенностей в наших ранних работах показало фенитизация сопровождает все стадии магнемаобразования и постепенно сливается с постмагматическими околорудными изменениями. Прогрессивная классификация изменений приведена в работах В.А. Жарикова и Б.И. Омеляненко [3]. В Кошрабадском интрузиве ранняя фенитизация затушована поздними автосоматическими метасоматитами. В то же время признаки ранней фенитизации сохранились в виде формирования олигоклазовых фенитов в магматическую стадию за счет парагенной кристаллизации калий-натриевых полевых шпатов с щелочным амфиболом – катафори-

Таблица 1

Среднее содержание элементов в горных породах уч. Тукман кларкам концентраций в земной коре по данным (ISP-спектрометрического анализа) ЦЛ Госкомгеологии, аналитик В. Баннов

Элем.	Тук-1	Тук-2	Тук-3	Тук-4	Тук-9	Тук-10б	Тук-12	Тук-13	Обр-14	Обр-15	Обр-16	Обр-17	Обр-18	Обр-19	Обр-20	Обр-24	Обр-28	Обр-30	Обр-32	Обр-34	Обр-35	Обр-37	Обр-38	Обр-39	Обр-52	Обр-56	Обр-57	
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,01	4,25	1,83	1,17	0,43	1,33	2,08	3,42	0,01	410	130	310	1,00	1,00	1,00	1,00	21,88	270	0,00	2,55	0,01
В	0,77	1,51	5,91	1,29	2,26	0,39	0,39	1,08	0,65	0,34	0,62	0,57	0,67	0,82	0,89	1,40	1,04	1,43	0,14	0,34	0,30	1,19	1,42	0,61	0,28	1,81	0,02	
<b>Элементы группы железа</b>																												
V	0,26	0,08	0,72	0,36	0,09	0,03	0,18	0,09	0,12	0,06	0,14	0,16	0,13	0,23	0,18	0,03	0,57	3,82	0,29	0,34	0,01	4,81	1,06	2,31	0,09	4,48	0,00	
Cr	1,20	0,11	0,27	0,37	0,29	0,01	0,27	0,94	0,09	0,19	0,28	0,22	0,12	0,54	1,02	0,02	0,22	3,16	1,18	0,45	0,27	22,08	0,45	0,14	0,67	6,88	0,00	
Mn	0,56	1,00	2,40	0,78	1,50	0,13	1,30	1,00	0,39	0,24	0,41	0,40	0,35	0,47	0,50	0,82	1,04	0,77	0,26	0,63	0,47	2,46	0,29	0,44	2,08	1,71	4,88	
Co	0,39	0,48	1,22	0,53	0,67	0,28	0,56	0,53	0,31	0,23	0,37	0,33	0,29	0,41	0,44	0,55	0,99	1,40	0,34	0,46	0,64	1,10	0,54	0,64	0,43	1,36	0,27	
Ni	3,28	0,29	0,55	0,91	0,74	0,11	0,60	1,57	0,43	0,86	0,95	0,79	0,38	1,43	1,90	0,43	0,19	3,12	1,41	1,04	0,93	7,69	1,03	0,37	1,40	3,20	0,14	
<b>Редкие и редкоземельные элементы</b>																												
Nb	0,85	1,80	5,00	1,35	2,20	0,22	0,26	1,90	1,20	0,55	1,00	1,10	1,10	1,10	0,85	1,29	1,14	0,35	0,70	0,23	3,72	3,46	0,50	0,18	1,09	0,02		
Ta	0,48	1,00	3,92	0,60	1,24	0,17	0,16	0,92	0,80	0,44	0,80	0,48	0,64	0,64	0,60	0,44	1,17	0,88	0,17	0,93	0,30	3,10	3,90	0,61	0,28	0,88	0,01	
Sc	0,24	0,17	2,10	0,61	0,15	0,17	0,13	0,18	0,23	0,16	0,46	0,46	0,38	0,40	0,66	0,01	0,23	1,65	0,10	0,49	0,01	0,48	1,38	0,67	0,00	0,53	0,05	
Y	0,47	1,95	7,00	1,40	2,30	0,38	0,15	1,75	1,10	0,38	0,95	0,48	0,50	1,20	0,95	1,05	1,08	0,79	0,14	1,00	0,48	2,67	6,67	0,63	1,68	0,92	3,11	
Mo	1,64	3,36	0,65	0,21	2,45	4,82	1,55	3,18	1,09	1,45	0,91	3,64	0,68	5,09	3,45	1,82	1,39	1,70	10,56	6,52	2,48	0,45	1,24	0,63	1,33	3,13	0,54	
W*	1,54	1,08	13,08	0,01	0,01	769,23	153,8	2769	2,77	12,31	2,69	1,92	1,92	0,85	1,00	0,48	2,15	3,43	0,08	4,00	3,10	0,02	0,01	0,00	4,17	0,32	2,20	
Re	2,29	4,86	17,14	3,00	5,43	14,14	12,00	48,57	2,86	1,57	1,43	1,71	1,86	3,14	2,43	1,86	3,00	1,12	0,19	1,48	0,66	0,29	0,31	0,05	1,35	1,64	3,00	
Zr	0,20	0,82	0,23	0,21	0,82	0,01	0,51	0,82	0,29	0,16	0,29	0,06	0,22	0,31	0,29	0,32	1,12	0,08	1,54	1,44	0,21	21,43	0,51	0,34	0,38	1,11	0,04	
Hf	0,90	3,20	1,50	0,88	3,80	0,10	2,60	2,80	1,80	0,92	1,70	0,46	1,30	1,60	1,50	1,60	1,22	0,17	0,93	2,05	0,26	15,00	0,54	0,54	0,42	1,09	0,05	
La	0,55	1,86	5,17	1,17	2,24	0,41	0,97	1,52	1,21	0,45	0,93	0,48	0,55	1,21	1,03	1,07	1,75	0,67	0,23	1,29	0,48	2,50	1,04	0,73	1,77	1,92	1,04	
Ce	0,46	1,43	5,43	1,03	2,00	0,41	0,91	1,33	0,77	0,29	0,59	0,34	0,44	0,73	0,64	0,73	1,34	0,69	0,14	0,97	0,37	1,48	0,70	0,53	1,85	2,20	1,07	
Pr	0,42	1,89	7,00	0,90	2,33	0,39	0,77	1,67	0,94	0,32	0,77	0,46	0,48	0,92	0,78	1,11	1,53	0,82	0,12	1,60	0,37	2,09	1,00	0,52	1,76	1,97	0,94	
Nd	0,04	0,18	0,68	0,09	0,22	0,04	0,07	0,12	0,08	0,03	0,07	0,04	0,04	0,08	0,07	0,07	1,50	0,64	0,10	1,16	0,34	2,00	1,04	0,67	1,33	2,10	1,04	
Sm	0,36	1,18	4,88	0,84	1,38	0,38	0,60	1,06	0,73	0,29	0,66	0,45	0,43	0,75	0,63	0,61	1,34	0,96	0,13	1,12	0,51	1,90	1,13	0,69	1,24	1,78	1,11	
Eu	0,92	1,69	1,69	1,77	2,15	0,18	0,58	1,54	0,85	0,92	0,75	1,00	0,73	0,92	0,77	1,31	1,83	0,95	0,73	0,48	0,57	4,58	1,60	0,70	2,09	1,50	1,01	
Gd	0,35	1,08	4,50	0,81	1,25	0,33	0,44	0,96	0,66	0,28	0,60	0,40	0,40	0,68	0,58	0,58	1,29	0,94	0,13	1,03	0,50	1,96	1,43	0,70	1,38	1,45	1,40	
Tb	0,10	0,30	1,26	0,22	0,35	0,08	0,07	0,28	0,19	0,08	0,17	0,12	0,11	0,19	0,15	0,15	1,14	0,92	0,12	1,04	0,50	2,14	2,42	0,67	1,21	1,12	1,47	
Dy	0,52	1,54	8,40	1,12	1,76	0,42	0,22	1,40	0,98	0,40	0,92	0,60	0,58	0,98	0,78	0,78	1,04	0,90	0,09	1,04	0,51	2,14	4,00	0,67	1,16	0,95	1,54	
Ho	0,27	0,82	3,29	0,59	0,94	0,22	0,09	0,76	0,54	0,22	0,49	0,32	0,31	0,51	0,41	0,42	1,04	0,86	0,13	1,00	0,53	2,16	5,33	0,66	1,21	0,81	1,79	
Er	0,39	1,21	4,24	0,85	1,36	0,29	0,13	1,15	0,79	0,33	0,73	0,45	0,45	0,76	0,61	0,64	1,00	0,83	0,14	0,96	0,53	2,16	5,00	0,61	1,12	0,75	1,67	
Tm	0,67	2,07	7,41	1,41	2,33	0,44	0,22	1,96	1,30	0,52	1,22	0,74	0,74	1,22	1,00	1,04	0,94	0,77	0,12	0,97	0,54	2,42	4,83	0,57	1,03	0,79	1,45	
Yb	3,64	11,82	36,36	7,58	13,03	2,39	1,45	11,21	6,67	2,88	6,36	4,24	3,94	6,36	5,15	5,76	1,00	0,74	0,13	0,88	0,53	2,28	3,96	0,51	0,95	0,82	1,29	
Lu	0,21	0,70	2,13	0,44	0,78	0,14	0,10	0,69	0,38	0,18	0,36	0,25	0,24	0,38	0,31	0,38	1,00	0,73	0,12	0,86	0,56	2,27	3,51	0,47	1,03	0,93	1,31	
Tl	0,63	0,37	0,11	0,34	0,36	0,01	0,11	0,30	0,99	1,20	1,00	1,30	1,00	0,94	0,60	0,40	0,86	0,89	4,73	0,94	0,39	66,00	6,55	2,43	0,99	0,54	0,03	

Радиоактивные элементы																											
Th	0,15	0,22	0,72	0,15	0,58	0,04	0,37	0,15	0,72	0,19	0,39	0,09	0,25	0,38	0,25	0,12	1,15	0,76	0,63	6,00	0,29	8,78	0,77	1,89	0,91	1,52	0,08
U	0,48	0,74	1,63	0,41	1,15	10,74	1,22	0,63	1,15	0,59	0,93	0,63	0,48	0,89	0,67	0,37	1,54	0,65	0,68	2,09	0,39	0,07	0,58	1,12	0,48	1,44	0,52
Металлоидные и металлогенные элементы																											
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,23	0,11	0,15	0,14	0,02	0,19	0,18	0,09	400	1600	780	710	1400	440	0,21	370	0,13	1,89	0,23
Zn	0,87	3,25	5,06	1,81	3,61	0,20	0,67	2,41	1,11	0,82	1,45	0,92	1,10	1,45	1,45	1,45	1,67	0,52	0,38	0,45	0,47	5,18	1,79	0,55	0,26	0,57	0,18
Ga	1,58	1,26	0,42	2,16	1,84	0,08	0,20	1,26	1,05	1,68	1,11	1,63	1,42	1,26	1,00	1,37	1,40	1,21	4,05	0,34	0,69	12,50	6,32	1,13	1,70	1,72	0,05
Sn	0,88	0,80	1,40	0,40	1,84	0,03	0,22	0,44	2,32	0,76	1,28	0,88	1,28	0,92	0,72	1,00	1,10	0,37	3,43	0,59	25,00	5,54	2,45	0,26	2,37	0,05	0,05
Ag	1,57	6,57	2,57	0,61	5,00	10,28	10,43	5,43	6,43	3,00	3,00	2,00	3,57	2,71	1,86	2,86	3,27	0,22	0,94	6,28	0,54	0,00	0,53	0,71	0,27	0,71	0,26
Au	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	942	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cd	0,58	2,85	15,38	1,46	3,08	0,92	1,31	2,85	1,46	0,77	2,08	2,62	1,31	1,62	1,77	2,00	3,03	1,30	0,11	0,95	0,60	1,42	0,82	0,65	1,26	0,71	1,30
In	0,15	0,24	1,00	0,26	0,27	0,14	0,07	0,33	0,40	0,14	0,31	0,28	0,25	0,24	0,17	0,16	0,84	1,62	0,08	0,91	1,18	1,18	2,00	0,52	0,20	1,28	0,30
Pb	1,13	1,25	0,48	1,44	1,25	3,56	1,81	1,00	1,13	2,13	1,44	1,81	1,50	1,31	1,00	0,69	1,33	0,80	3,16	0,65	0,75	0,33	0,79	1,50	1,44	0,44	0,14
Группа металлоидных и металлогенных элементов																											
As	45,29	64,71	223,53	88,24	70,59	49411	329,41	51,76	10,59	4,29	11,18	10,00	9,41	4,82	4,71	6,47	0,38	0,13	0,08	0,44	0,20	0,00	0,04	0,23	1,06	9,86	1,42
Se	0,86	0,20	0,20	22,00	14,20	320,00	9,20	2,40	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	8,80	1,14	18,20	12,79	70,00	100,00	0,05	0,31	0,00	0,11	0,42	5,00	260,00	1,00
Sb	6,40	1,22	10,40	19,80	2,20	162,00	6,80	1,04	11,20	4,00	6,00	20,00	6,40	3,40	3,80	1,30	2,06	7,54	1,92	1,52	12,73	0,08	4,41	19,23	0,55	1,95	3,13
Te	72,00	110,00	110,00	73,00	100,00	3000,00	87,00	65,00	41,00	13,00	43,00	31,00	36,00	36,00	40,00	100,00	0,79	0,85	0,69	1,78	1,20	0,01	0,66	1,09	3,66	3,31	5,12
Bi	3,00	2,00	16,67	1,11	6,44	2222,22	42,22	1,33	4,44	1,22	1,44	41,11	1,22	2,89	1,22	2,89	8,89	1,72	1,00	31,00	1,07	0,00	0,16	8,33	1,03	13,64	6,77
Элементы группы благородных металлов																											
Ag	1,57	6,57	2,57	0,61	5,00	1028,5	10,43	5,43	6,43	3,00	3,00	2,00	3,57	2,71	1,86	2,86	3,27	0,22	0,94	6,28	0,54	0,00	0,53	0,71	0,27	0,71	0,26
Au	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	942,98	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pt*	0,44	1,82	0,94	0,42	1,94	0,06	1,42	1,40	0,86	0,50	0,84	0,20	0,80	0,72	0,68	0,90	1,18	0,11	0,68	2,14	0,31	14,52	0,52	0,61	0,4	0,80	0,04

том адекватно с классическими фенитами Кольского полуострова и Урала. Характерным для Кошрабада является то, что ощелоченные магмы при усвоении магмой габбро-диабазов Мальгузарского комплекса, мелочность ее не достигает уровня равного к нефелиновым сиенитам. Это результат преобладания массы и кислотности формировавшегося к тому времени расплава в магматическом очаге. При этом, кристаллизующиеся катофорит, в нашем случае гастингсит, не достигает уровня щелочного амфибола баркевикита и остаётся роговой обманкой с повышенной железистостью, вызываемой полем устойчивости биотита, что видно из симплетитового прорастания гастингсита с биотитом, наблюдаемым в прозрачных шлифах граносиенитов Тукманского участка. Стремление состава таких пород к повышению щелочности подтверждается наличием в

них рибекита и эгерин-авгита в небольших количествах. Дезинтеграция указанных темноцветных минералов является основной причиной выщелачивания рудообразующих элементов в условиях постепенно нарастающей кислотности постмагматических растворов. Увеличение их плотности при понижающейся температуре остывания интрузивного массива по разному отражалось в соответствии с термохимическими свойствами.

Кварц редкометалльно золоторудная, кварц-золоторудная, кварц-золото сульфидная, кварц золото-полиметаллическая и другие рудные системы Кошрабадского интрузива формировались под влиянием фенитизации и ее продолжения в виде околорудных изменений как главный критерий рудоносности данного интрузива.

## Библиографический список:

1. Коржинский Д.С. Кислотность щелочность, как главнейший фактор магматических и постмагматических процессов // *Магматизм и связь с ним полезных ископаемых*. – М., 1960. – С. 21-30.
2. Мусаев А.М. Условия образования гранитоидных интрузивов гор Каратюбе и Кульджуктау. Автореферат канд. диссер. 1969. – 27 с.
3. Жариков В.А., Омеляненко Б.И. Классификация метасоматитов. // *Метасоматизм и рудообразование*. – М.: «Наука», 1978. – С. 9-28.
4. Тихоненков Р.И., Осокин Е.Д., Гонзаев А.А. и др. Редкометалльные метасоматиты щелочных массивов. – М.: «Наука», 1967. – 193 с.
5. Бородин Л.С. О некоторых основных вопросах геохимии редких земель // *Труды ИМГРЭ*. – Вып. 9. 1962. – С. 94-124.
6. Исамухамедов И.М. Петрология Нуратинского батолита. Изд.: АН УзССР, 1955. – 409 с.
7. Хамрабаев И.Х. О вольфрамоносных метасоматитах // *Записки узб. отд. минералогического общества*. – Т.: «ФАН», 1980. – С. 3-7.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 1(88) pp. 28-35

## FENITISATION AND ASSOCIATED MINERALISATION IN THE KOSHRABAD INTRUSIVE (WESTERN UZBEKISTAN)

<sup>1</sup>Rizaev M.M., Chief Specialist in Solid Minerals, Geologist.

<sup>1</sup>Tashpulatov Sh.T., Chief Geologist.

<sup>2</sup>Musaev A.M., Senior Researcher, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor.

<sup>2</sup>Dzhumaniyazov D.I., Junior researcher.

<sup>1</sup>State Unitary Enterprise “Regionalgeology” of the State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan.

<sup>2</sup>Institute of Geology and Geophysics, H.M. Abdullayev State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan.

The Tukman Ore Occurrence structurally occupies the northern part of the Zarmitan Gold Ore Zone, located in the southern flank of the North Nurata anticlinorium. It is part of the Zarafshan-Turkestan structural-formation zone of the South Tianshan Hercynian folded belt. The ore occurrence is located in the central part of the Koshrabad intrusion in the area of junction with the Ural fault, which distinguishes it from other parts of the Charamitan ore field (COF), being an eastern extension of the Ural ore occurrence and retains the features of the geological structure of the latter. It is characterised by the unity of positions in the structure of the ore field and the main patterns of ore localisation. Study of rock and ore composition was carried out in the Central Laboratory of Goscomgeology of the Republic of Uzbekistan, ICP MS methods were used to determine the content of petrogenic and rare elements in rocks and sulfides on ICPE-9000 spectrometer. In the Koshrabad intrusion, the early fenitization is obscured by late autometamorphic metasomatites. At the same time signs of early fenitization are preserved in the form of oligoclase phenites forming in a magmatic stage due to paragenetic crystallization of potassium-sodium feldspars with alkaline amphibole-cataphorite adequately with classical phenites of the Kola Peninsula and Ural.

**Keywords:** phenites, metasomatites, cathophorite, nepheline syenites, material composition of ores, gold, sulfides, melanocratic facies, assimilation, ore localization, autoscarves, rare elements, petrogenic elements.

### Bibliographic list:

1. Korzhinsky D.S. Acidity, alkalinity, as the main factor of magmatic and postmagmatic processes // *Magmatism and the connection with it of minerals*. – M., 1960, pp. 21-30.
2. Musaev A.M. Formation conditions of granitoid intrusions of the Karatyube and Kuldzhuktau mountains. Abstract of Cand. Dissertation, 1969. – 27 p.
3. Zhariikov V.A., Omelyanenko B.I. Classification of metasomatites // *Metasomatism and ore formation*. – Moscow: “Science”, 1978, pp. 9-28.
4. Tikhonenkov R.I., Osokin E.D., Gonzaev A.A. et al. Rare metal metasomatites of alkaline massifs. – Moscow: “Science”, 1967. – 193 p.
5. Borodin, L.S., On some basic questions of the geochemistry of rare earths, Tr. IMGRE. – No. 9, 1962, pp. 94-124.
6. Isamukhamedov I.M. Petrology of the Nurata batholith. Ed. Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1955. – 409 p.
7. Khamraev I.Kh. On tungsten-bearing metasomatites // *Notes of the Uzbek Branch of the Mineralogical Society*. – T.: “FAN”, 1980, pp. 3-7.

## ИССЛЕДОВАНИЕ AU/AG ОТНОШЕНИЯ НА РУДОПРОЯВЛЕНИИ «РУДНАЯ ЗОНА № 2» ОКЖЕТПЕССКОГО РУДНОГО ПОЛЯ



**Мирусманов М.А.**,  
доцент кафедры  
«Геология, поиски и разведка  
месторождений полезных ископаемых»  
ТГТУ им. И. Каримова



**Тангиров А.И.**,  
зав. кафедрой  
«Геология, поиски и разведка  
месторождений полезных ископаемых»  
ТГТУ им. И. Каримова



**Абдунабиева М.В.**,  
и.о. доцента кафедры «Геология,  
минералогия и петрография»  
ТГТУ им. И. Каримова



**Хайдаров З.Х.**,  
докторант кафедры «Геология,  
поиски и разведка месторождений  
полезных ископаемых»  
ТГТУ им. И. Каримова

*Maqolada Au/Ag nisbatining o'zgaruvchanligini o'rganish natijalari keltirilgan. 2-Ma'dan zonasining beshta qirgimi bo'yicha ma'danlar va ma'dan oldi tog' jinslarining probir tahlillari natijalaridan foydalanilgan. Asosiy sanoatbop oltin ma'dan mineralizatsiyasi o'rtacha sulfidli formatsiyaga mansub pirit-arsenopiritli ma'danlardir. Ma'dan namoyonida 3 va 4 bo'g'inli vertikal zonallik va ikki to'liqinli lateral zonallik aniqlandi.*

**Tayanch iboralar:** Au/Ag nisbati, ma'dan formatsiyasi, oltinli konlar, braxiantiklinal, probir tahlil, statistik to'plam, vertikal zonallik, lateral zonallik.

*В статье приведены результаты исследования изменчивости показателей Au/Ag отношения. Использованы результаты пробирного анализа руд и рудовмещающих пород по пяти разрезам Рудной зоны № 2. Основной промышленной золоторудной минерализацией являются вкрапленные пирит-арсенипиритовые руды умеренно-сульфидной формации. Выявлено 3-х и 4-х звенная зональность по вертикали и две волны латеральной зональности.*

**Ключевые слова:** Au/Ag отношение, рудная формация, золотоносные месторождения, брахиантиклиналь, пробирный анализ, статистическая выборка, вертикальная зональность, латеральная зональность.

Показатели Au/Ag отношения считаются важным геохимическим показателем золотоносных месторождений. Во многих случаях они используются при классификациях рудных формаций. При характеристике различных месторождений исследователи обращают внимание на два аспекта Au/Ag отношения:

- 1) отношение в рудах и рудовмещающих породах;
- 2) отношение в минералах золота (главным образом в ряду минералов Au-Ag).

В связи с этим, следует отметить работы Кравцовой Р.Г., Макшакова А.С. и Павловой Л.А. [1], Петровской Н.В. [2], Поляковой Т.Н., Пилицына А.Г. и Кременецкого А.А. [3], Хачатряна Ш.В. и Гуюмджяна О.П. [4], Умарбековой З.Т. [5], Шера С.Д. [6], и многих других исследователей данного вопроса, труды которых послужили основой для дальнейших исследований авторов.

*Краткая геологическая характеристика рудопроявления «Рудная зона № 2».*

Рудопроявление «Рудная зона № 2» расположено в северо-западной части Окжетпесского рудного поля и приурочено к юго-западному крылу одноименной брахиантиклинали. Ось данной структуры ориентирована в северо-западном направлении. Ядро брахиантиклинали сложено известняками девона D<sub>2-3</sub>, а его крылья – отложениями нижнекарбонного возраста (массивные и среднеслоистые известняки) и нерасчлененными отложениями C<sub>2-3</sub>, представленные песчаниками, гравелитами, конгломератами с прослоями кремнистых пород и известняков [7, 8].

Крылья брахиантиклинали осложнены складчатостью высоких порядков и многочисленными тектоническими нарушениями северо-восточного, северо-западного и субширотного простирания. Морфология

минерализованной зоны осложнена нарушениями, в связи с чем наблюдаются флексуобразные перегибы по простиранию от субширотного до северо-западного (300-320°). Мощность от 10 до 50 м, падение практически вертикальное. До глубины 90-100 м от поверхности развита зона окисления. Руды и рудовмещающие породы окрашены гидроокислами железа в бурый цвет. Вмещающие породы представлены доломитами и известняками с сульфидной минерализацией (рис. 1).

Интрузивные образования представлены дайками диоритовых порфиринов и гранодиоритов.

Основной промышленной золоторудной минерализацией являются вкрапленные пирит-арсенипиритовые руды умеренно-сульфидной формации, характерные для Кокпатасского рудного поля, а также участков Джелсай, Бозтау, Каратаг, Каратас, Телькетау, Бахтли и других [7], [8].

*Материалы и методы исследования.*

Для исследования, в целом, статистически обработаны данные по 1960 ядерным пробам 28 колонковых и 1152 проб по 48 шарошечным скважинам. При этом использованы результаты пробирного анализа руд и рудовмещающих пород по пяти разрезам. Изучены 5 выборок учитывающих пробы по всем породам, и 15 выборок по пробам рудных зон (рис. 2).

*Результаты исследований. Исследования изменчивости Au/Ag отношения по разрезу I-I показали следующее:*

– на горизонте от +200 до +273 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 164, а самое низкое 0,021, при среднем значении 7,50. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 266-273; 238-250; 222-232; 212-216. А на горизонтах: 232-

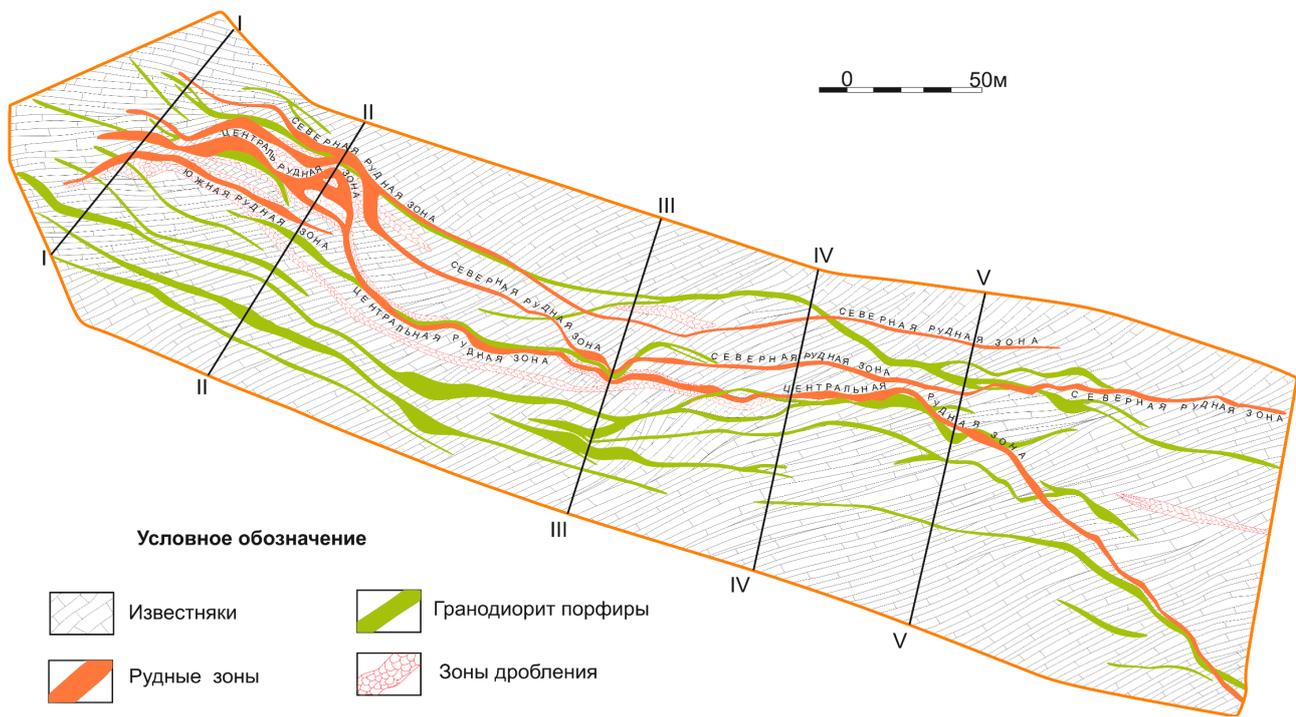


Рис. 1. Схематическая геологическая карта рудопроявления «Рудная зона № 2»

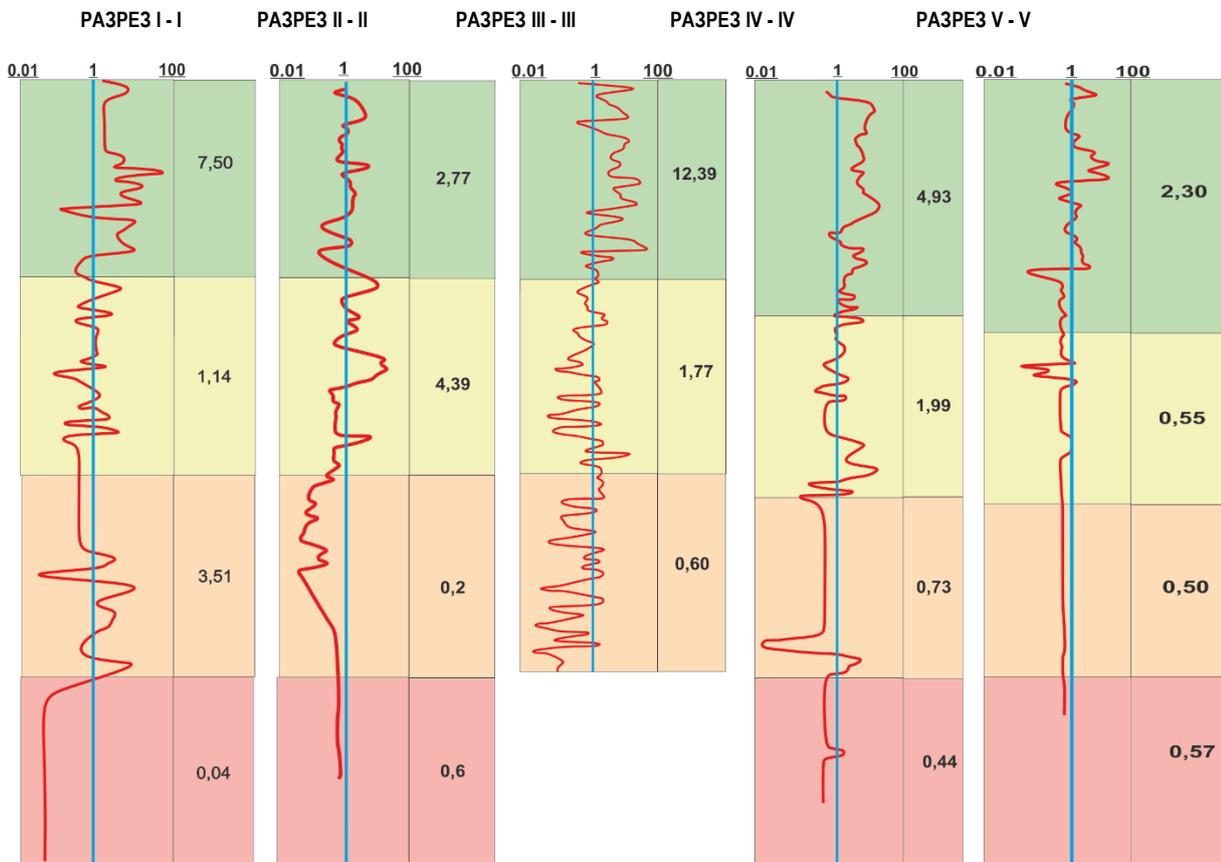


Рис. 2. Au/Ag отношения в рудовмещающих породах по разрезам рудопроявления «Рудная зона № 2»

Таблица 1

Au/Ag отношения по глубинам «Рудной зоны № 2»

Уровень глубин (абс. отметки)	разрез I - I	разрез II - II	разрез III - III	разрез IV - IV	разрез V - V
выше +200	7,5	2,77	12,4	4,93	3,0
от +150 до +200	1,14	4,4	1,77	2,0	0,55
от +100 до +150	3,51	0,2	0,6	0,73	0,5
от +50 до +100	0,04	0,6		0,44	0,57

236; 214-224; 204-212 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 2, табл.1);

– на горизонте от +150 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 4,0, а самое низкое 0,03, при среднем значении 1,14. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 192-197; 186-188; 174-182. А на горизонтах 184-188; 172-176; 168-170 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 2, табл.1);

– на горизонте от +100 до +150 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 16, а самое низкое 0,025, при среднем значении 3,51. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 134-140; 128-132; 116-126; 104-110. А на горизонтах: 130-132; 110-116 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 2, табл.1);

– на горизонте от +50 до +100 значение Au/Ag отношения без особых колебаний находится на уровне среднего значения равного 0,04 (рис. 2, табл.1).

Таблица 2

Au/Ag отношения по рудным зонам рудопроявления «Рудная зона № 2»

Уровень глубин (абс. отметки)	разрез I - I			разрез II - II		разрез III - III	разрез IV - IV	разрез V - V
	Северная рудная зона	Центральная рудная зона	Южная рудная зона	Северная рудная зона	Центральная рудная зона	Центральная рудная зона	Центральная рудная зона	Центральная рудная зона
выше +200	7,64	3,64	8,23	3,92	13,96	42,92	35,68	16,34
от +150 до +200	3,1	0,013	0,014	0,244	36,05	2,4	–	0,28
от +150 до +200	–	–	–	–	0,11	0,33	–	0,04
от +50 до +100	–	–	–	–	–	–	–	0,08

По этому же разрезу Au/Ag отношения изученные по отдельным выборкам составленным для Северной, Центральной и Южной рудных зон показали нижеследующее.

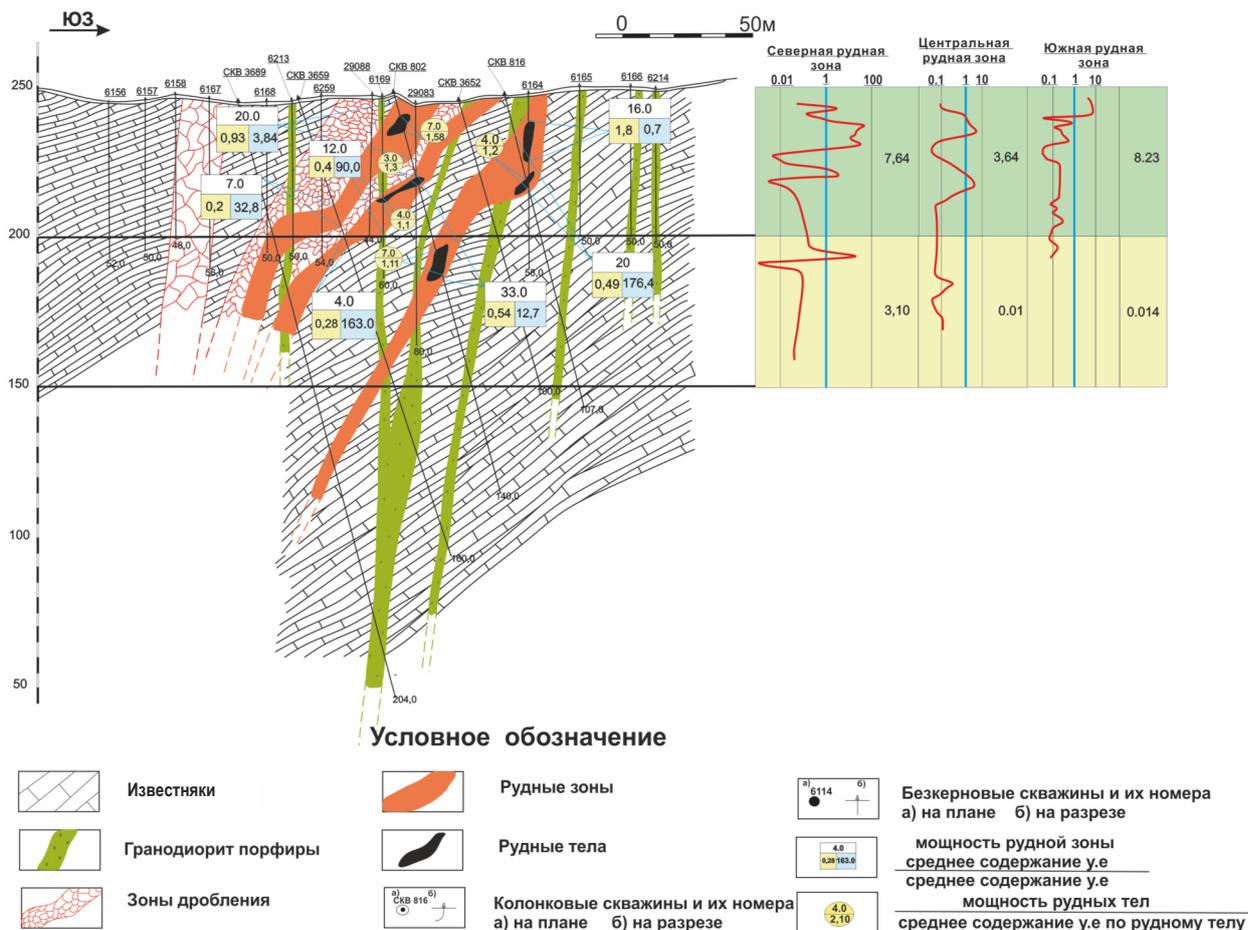


Рис. 3. Схематический геологический разрез I-I. Au/Ag отношения по «Северной», «Центральной» и «Южной» рудным зонам

По Северной рудной зоне изменчивость показателей оценена на двух горизонтах.

На горизонте от +200 до +248 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 54, а самое низкое 0,0001 при среднем значении 7,0. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 244-246; 232-240; 222-226. А на горизонтах 246-248; 240-244; 226-232; 218-222; 200-202 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 3, табл. 2).

На горизонте от +150 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 32, а самое низкое 0,001, при среднем значении 3,0. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонте 196-198. А на горизонтах 192-194 и 164-166 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 3, табл. 2).

По Центральной рудной зоне изменчивость показателей оценена также на двух горизонтах.

На горизонте от +200 до +248 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 28, а самое низкое 0,0003, при среднем значении 3,64. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 240-244; 226-230. А на горизонтах 246-248; 234-240; 224-226; 202-206 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 3, табл. 2).

На горизонте от +170 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 0,04, а самое низкое 0,0005 при среднем значении 0,012. По всему горизонту отмечаются ровные показатели на уровне среднего значения. Только на горизонте 197-200 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 3, табл. 2).

По Южной рудной зоне изменчивость показателей оценена на двух горизонтах.

На горизонте от +200 до +248 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 64, а самое низкое 0,001, при среднем значении 8,23. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 244-248; 242-244. А на горизонтах 236-242; 226-232; 206-212; 200-204 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 3).

На горизонте от +190 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 0,1, а самое низкое 0,003 при среднем значении 0,014. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонте 196-198. А на горизонтах 198-200 и 194-196 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 3, табл. 2).

Исследования изменчивости Au/Ag отношения по разрезу II - II показали следующее:

– на горизонте от +200 до +260 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 112, а самое низкое 0,011, при среднем значении 13,96. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 250-246; 238-242; 208-214; 200-206. А на горизонтах 258-252; 224-234; 213-216 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 2, табл. 1);

– на горизонте от +150 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 112, а самое низкое 0,2, при среднем значении 36,05.

Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 196-200; 186-192. А на горизонтах 194-196 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 2, табл. 1);

– на горизонте от +100 до +150 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 0,2, а самое низкое 0,01, при среднем значении 0,114. На горизонте 130-136 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 2, табл. 1).

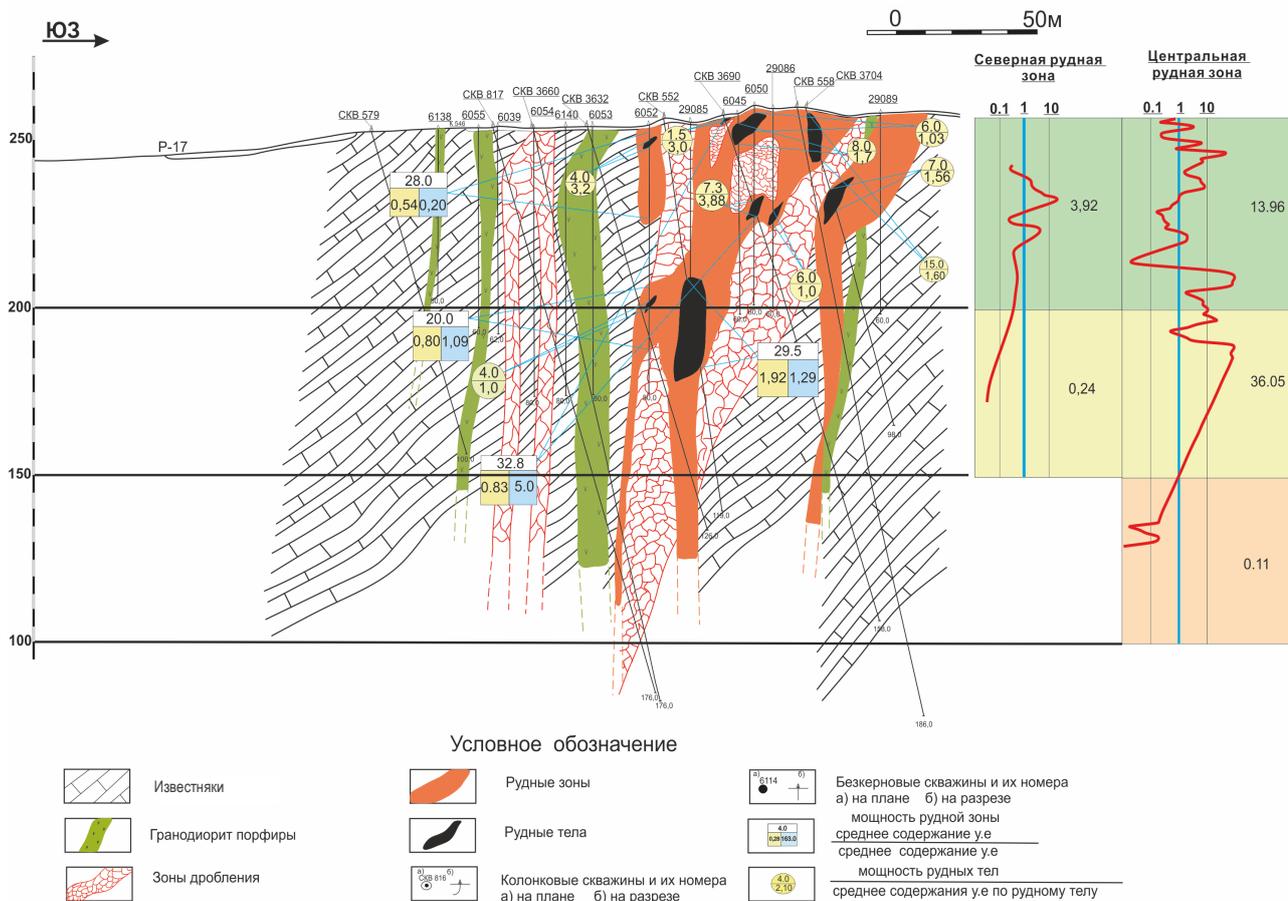


Рис. 4. Схематический геологический разрез II - II. Au/Ag отношения по «Северной» и «Центральной» рудным зонам

По этому же разрезу Au/Ag отношения изученные по отдельным выборкам составленным для Северной и Центральной рудных зон показали нижеследующее.

По Северной рудной зоне изменчивость показателей оценена на двух горизонтах.

На горизонте от +200 до +238 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 26,8, а самое низкое 0,03, при среднем значении 3,92. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 234-228. А на горизонтах 234-238, 208-214 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 4, табл. 2).

На горизонте от +164 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 0,6, а самое низкое 0,04, при среднем значении 0,24. На горизонте 164-168 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 4, табл. 2).

По Центральной рудной зоне изменчивость показателей оценена также на двух горизонтах.

На горизонте от +200 до +260 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 112, а самое низкое 0,011, при среднем значении 13,96. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 242-250; 236-242; 200-212. А на горизонтах 252-258; 224-230; 212-216 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 4, табл. 2).

На горизонте от +186 до +200 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 112 а самое низкое 0,2, при среднем значении 36,06. Показатели выше среднего значения отмечены на горизонтах: 196-200, 186-192. А на горизонтах 192-196 отмечаются показатели ниже среднего значения.

На горизонте от +100 до +150 самое высокое значение Au/Ag отношения составило 0,2, а самое низкое 0,01, при среднем значении 0,114. На горизонте 130-136 отмечаются показатели ниже среднего значения (рис. 4, табл. 2).

По разрезам III-III, IV-IV и V-V получены аналогичные результаты (табл. 2).

Из рис. 2 и табл. 1 и 2 также видна латеральная зональность распределения оруденения. На различных горизонтах глубин наиболее высокие показатели наблюдаются на разрезах I-I и III-III или II-II и IV-IV соответственно.

Полученные результаты показывают, что на месторождении наблюдается вертикальная и латеральная зональность распределения золота и серебра.

В разрезе II-II наблюдаются 4 волны изменения Au/Ag отношения. В разрезе III-III наблюдаются 3 волны изменения Au/Ag отношения. В разрезе IV-IV наблюдаются 2 волны изменения Au/Ag отношения. В разрезе V-V наблюдаются 2 волны изменения Au/Ag отношения.

На разрезах наблюдаются две волны латеральной зональности.

Максимальные показатели Au/Ag отношения наблюдаются на глубинах до 50 м от поверхности. Это может быть следствием воздействия процессов гипергенеза в зоне окисления, где миграционная способность серебра значительно больше чем у золота.

Таким образом, на рудопроявлении «Рудная зона № 2» выявлено 3-х и 4-х звенная зональность по вертикали и две волны латеральной зональности.

#### Библиографический список:

1. Кравцова Р.Г., Макшаков А.С., Павлова Л.А. Минералогия и состав, закономерности распределения и особенности формирования рудной минерализации золото-серебряного месторождения Роговик (Северо-Восток России) // Геология и геофизика, 2015. Т. 56, – № 10. – С. 1739-1759.
2. Петровская Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973, – 347 с.
3. Полякова Т.Н., Пилицын А.Г., Кременецкий А.А. Фазовые формы золота в системе коренной источник – вторичный ореол при формировании аномальных геохимических полей // Вестник ВГУ. Геология. 2018. – № 1. – С. 77-91.
4. Хачатрян Ш.В., Гуюмджян О.П. Характер оруденения, минералогия и геохимия руд Пхрутского проявления золота // Ученые записки ЕГУ, 2017. – № 51(1). – С. 3-12.
5. Умарбекова З.Т. Золоторудные процессы и прогнозные геологические данные для месторождений Казахстана (Бакыршик, Бестобе, Архарлы) / Автореферат диссертации PhD. – Алматы, 2020. – 54 с.
6. Шер С.Д. Металлогения золота. – М.: Недра, 1974. – 253 с.
7. Рудные месторождения Узбекистана // Под ред. И.М. Голованова. – Т.: ГИДРОИНГЕО, 2001. – 660 с.
8. Тангиров А.И. Условия локализации месторождений золота в зоне Бозтау-Кокпатас-Окжеттесского тренда и разработка прогнозно-поисковых критериев / Автореферат диссертации PhD. – Ташкент, 2019. – 50 с.

## МАЛЫЕ ИНТРУЗИИ И ОРУДЕНЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЁШЛИК (АЛМАЛЫКСКИЙ РАЙОН)



**Каримова Ф.Б.**,  
заведующая лабораторией  
петрологии Института геологии и геофизики  
им. Х.М. Абдуллаева Госкомгеологии РУз,  
PhD



**Джуманиязов Д.И.**,  
младший научный сотрудник  
Института геологии и геофизики  
им. Х.М. Абдуллаева Госкомгеологии РУз.



**Усманова Ш.В.**,  
базовый докторант кафедры  
«Геология» Национального  
университета Узбекистана

*Maqolada «Yoshlik» (Dalneye) koniga kichik intruziyalarning ruda tarkibi muhokama qilinadi. Tog'lar va rudalarning petrografik, kimyoviy va mineral tarkibi berilgan. Ma'dan kontsentratsiyalarini tavsiflovchi faktik materiallar berilgan. Tog' jinslari va rudalarning tarkibini o'rganish O'zbekiston Respublikasi Davlat geologiya qo'mitasining markaziy laboratoriyasida, toshlar va sulfidlardagi petrogen va noyob elementlarning tarkibini aniqlash ICPE-9000 spektrometrida amalga oshirildi.*

**Tayanch iboralar:** qit'a chegarasi, vulqon-plutonik kamarlar, kichik intruziyalar, ma'dan, oltin, kumush, mis, molibden, ma'dan hosil bo'lish tahlili.

*В статье рассматривается рудоносность малых интрузий месторождения Ёшлик (Дальнее). Приводятся петрографический, химический и минеральный составы пород и руд. Даны фактические материалы, характеризующие рудные концентраты. Исследования состава пород и руд выполнены в Центральной лаборатории Госкомгеологии РУз, определение содержания петрогенных и редких элементов в породах и сульфидах проводили методами ICP MS на спектрометре ICPE-9000.*

**Ключевые слова:** окраинно-континентальные, вулканоплутонические пояса, малые интрузии, руда, золото, серебро, медь, молибден, рудно-формационный анализ.

В настоящее время в сырьевой базе медных месторождений Мира большое значение приобретают медно-порфировые типы. Помимо возможности организации отработки их открытым способом, привлекает наряду с высоким коэффициентом извлечения основных полезных компонентов – меди и молибдена, также, комплексная отработка руд с ценными примесями, таких как золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут и др. Проявляется картина результатов разных исследователей медно-порфировых месторождений, представляющая то, что наиболее важными из крупнейших структурных элементов, являются орогенные вулканоплутонические и окраинно-континентальные пояса [1].

Алмалыкский район расположен в Срединном Тянь-Шане, в структурах Бельтау-Кураминского вулканоплутонического пояса (рис. 1). Высокая рудонасыщенность этой площади может быть связана с её положением в узле пересечения тектонических структур глубокого заложения [2]. Основополагающими критериями формирования Большого Алмалыка являются длительность и многостадийность [3, 4].

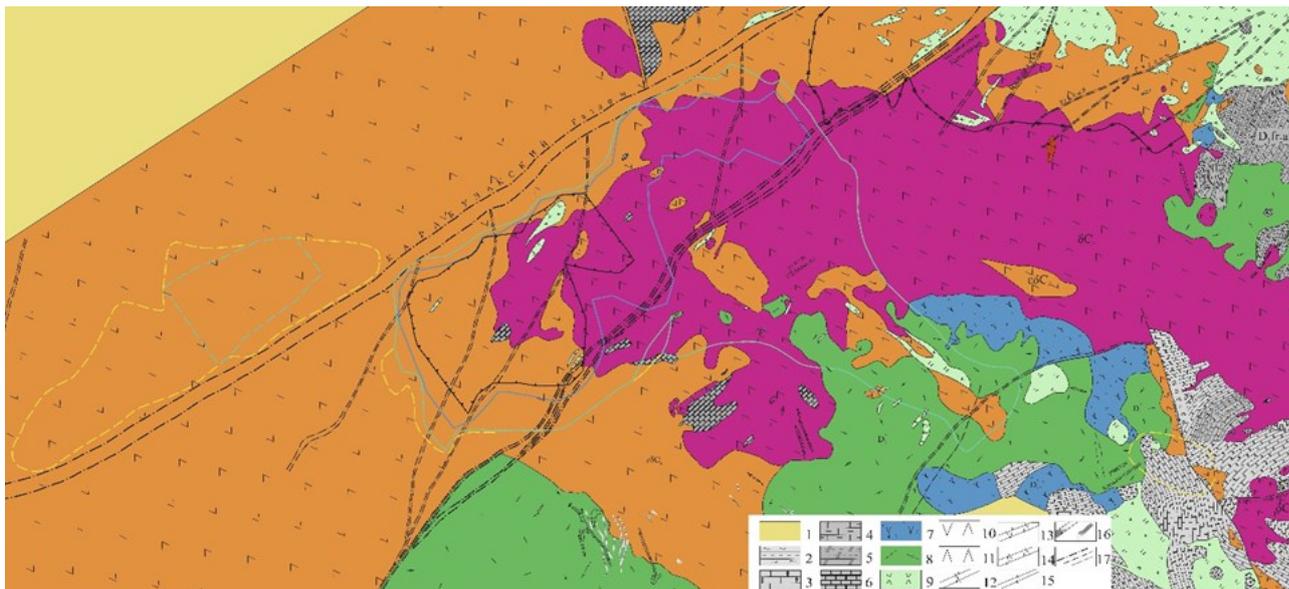
В контурах карьера и вне его, в зоне контакта карбонатных пород с сиенодиоритами, были выявлены скарново-полиметаллические, а также полисульфидные штокверковые и жильные образования различной мощности (от 10 см до 2 м и более), которые приурочены к разрывным структурам с кварц-пирит-халькопиритовой, кварц-галенит-сфалерит-блеклорудной, кварц-кальцит-барит-сфалерит-галенит-блеклорудной минерализацией. Все жилы – золото и сереброносны, наложены на собственно медно-порфировые рудные тела [5], однако за их пределами подобные скарновые и жильные образования приобретают иную формационную принадлежность.

Рудно-формационный анализ Большого Кальмакыра позволил выделить определяющий минералого-геохимический единый рудно-формационный ряд – базовая медно-порфировая-стратиформная (полиметаллическая) – золото-теллурическая – золото-серебряная. Такова идеализированная схема образования медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района [6].

Интрузивные образования, представленные гранодиорит-порфирами и кварцевыми монзонит-порфирами вскрыты на глубине 580 м и наблюдаются до 1867 м. Далее до 2984 м наблюдаются кварцевые монзониты.

В настоящее время в результате проведенных исследований на месторождении Ёшлик установлено широкое развитие монзонитов и монцодиоритов, содержащих богатые медные руды. Интрузивы месторождения Ёшлик представляются [4] как апофизные и краевые части тела (штока) с наиболее высокой щелочностью, резким преобладанием калия над натрием и низкой фемичностью.

Малые интрузии образуют гипабиссальные интрузивы центрального типа, некки, силлы, дайки и совместно с покровами эффузивов слагают единые воронкообразные вулканоплутоны. Формирование малых интрузий происходило в течение пермского периода при постороженном режиме развития Чаткало-Кураминского региона. Они характеризуются одинаковыми первичными отношениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,705$ , близостью состава, комагматичностью и вариациями главных петрогенных окислов в образованиях различных фаций: от интрузивов к покровам несколько возрастает содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CO}_2$ ; снижается –  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$ ; повышается количество нормативного ортоклаза, альбита, кварца, апатита и убывает содержание анорита и магнетита (табл. 1). Это в общих чертах отражает накопление



**Рис. 1. Геологическая карта месторождения Ёшлик.** Карта составлена по материалам Алмалькской ГРЭ Л.Г. Устиновым 1983 г.: 1 – лессы, делювиально-аллювиальные отложения; 2 – пески, песчаники с переслаиванием пестроцветных глин; 3 – доломиты серые, черные толсто- и тонкослоистые кульятинской ритмосвиты; 4 – доломиты серые, черные тонкослоистые с прослоями аргиллитов нижнекарагатинской ритмоподсвиты; 5 – доломиты серые, черные с прослоями песчаников и аргиллитов алмалькской ритмосвиты; 6 – известняки нерасчлененные; 7 – андезито-дацитовые порфиры; 8 – кварцевые порфиры; 9 – гранодиорит-порфиры алмалькского типа; 10 – сиенито-диориты; 11 – диориты; 12 – гранодиорит-порфиры; 13 – сиенито-диорит-порфиры; 14 – диоритовых-порфиры; 15 – диабазовые порфиры; 16 – кварцевые жилы; 17 – тектонические нарушения

кремнезема, щелочей и летучих компонентов в головных частях, а фермических компонентов на более нижних уровнях магматических очагов и промежуточных камер. Отличительной особенностью малых интрузий является присутствие в породах первых фаз 4-17% нормативных фельдшпатоидов, что указывает на соответствие их субщелочному и щелочному ряду пород.

**Петрография пород месторождения Ёшлик. Кварцевый монцит.** Структура монцитовая, со слабо выраженной параллельной текстурой. Порода состоит из таблитчатых кристаллов плагиоклаза, промежутки между ними заполнены крупными вкрапленниками калиевого полевого шпата. Плагиоклаз идиоморфный по отношению к калиевому полевоому шпату. Минеральный состав пород: плагиоклаз – 50-60%, калиевый полевой шпат – 15-20%, кварц – около 10%, биотит – 10-13%, пироксен – 5-7% и амфибол – 3-5%. Вторичные минералы: серицит, хлорит, альбит. Проявлены процес-

сы пелитизации и карбонатизации. Акцессорные минералы: апатит, рудный минерал около 3-5% от всего объема пород. Таблитчатые кристаллы плагиоклаза сильно изменены, альбитизированы и серицитизированы, они образуют простые и полисинтетические двойники. Калиевый полевой шпат представлен простыми двойниками, расположенными в межзерновом пространстве. Кварц ксеноморфного габитуса, который наблюдается в промежутках крупных кристаллов. Кристаллы пироксена призматические, формы их восьмиугольные и шестиугольные, часто эпидотизированы и уралитизированы. Биотит плеохроирует от коричневатого-желтого до темно-коричневого цвета, листоватого облика. Интенсивно опацифицирован.

**Диорит.** Структура гипидиоморфнозернистая и неравномернозернистая. Минеральный состав пород: плагиоклаз – 60-70%, темноцветные минералы, представленные амфиболом, пироксеном и биотитом – 30-35%. Вторичные минералы: соссорит, хлорит, амфи-

Таблица 1

Химический состав пород и руд месторождения Ёшлик 1 (%)

№	№ обр.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	П.п.п
1.	ФБ-02	67,2	0,4	11,7	4,9	4,4	0,1	1,8	3,1	2,9	3	0,3	2,3
2.	ФБ-03	57,4	0,5	17,4	6	5,4	0,1	4	3,1	2,9	2,8	0,2	1,22
3.	ФБ-11	69,8	0,3	11,7	4	3,6	0,1	2,8	1,2	2,6	3,4	0,2	0,74
4.	ФБ-17	43,4	0,6	18,9	11,4	10,3	0,2	4	5,9	1,9	2,7	0,5	4,58
5.	ФБ-31	58,2	0,2	12,8	8,7	7,8	0,4	5,3	1	1,1	2,2	0	1,4
6.	ФБ-32	53,9	0,2	17,6	5,7	5,1	0,2	7,3	6,3	2,2	1,4	0	0,2
7.	ФБ-33	46,1	0,4	16,6	11,6	8,1	0,2	6,3	5,5	1,4	1,4	0,1	0,74
8.	ФБ-36	49,1	0,6	16,1	7,6	6,8	0,2	2,8	4,9	4,8	6,5	0,4	4,92
9.	ФБ-39	60,4	0,5	12,7	6,3	5,7	0,1	2,2	4,5	2,6	4,5	0,3	3,1
10.	ФБ-40	56,6	0,5	15,5	6,6	5,9	0,1	2,8	4,8	2,8	3,9	0,3	1,4
11.	ФБ-51	70,6	0,4	9,6	4,4	4	0	2,2	1,4	2,9	4,1	0,2	1,44
12.	ФБ-53	42,4	0,5	18,9	11,4	7,8	0,2	8,3	4,9	1,2	1,8	0,1	0,78
13.	ФБ-58	42,6	0,5	18,9	11	9,9	0,3	8,6	4,8	1,3	2	0,1	1,66
14.	ФБ-68	61,9	0,4	12,5	6,1	5,5	0,1	2,7	3,1	3	4,2	0,3	1,8
15.	ФБ-71	67,6	0,4	10,6	4,6	4,1	0,1	1,3	3,9	2,8	4,2	0,2	1,8
16.	ФБ-76	69,9	0,4	11,3	3,3	3	0	2,2	2,9	2,8	3,7	0,3	1,79

Примечание: ФБ-02, 71, 76 – монцит; ФБ-03, 32 – диорит; ФБ-11, 31, 51 – сиенит; ФБ-39, 40, 68 – монцитдиорит, ФБ-17, 33, 36, 53, 58 – монцитгаббро

бол, альбит, эпидот. Акцессорные минералы достигают до 5% от всего объема пород, представлены рудными минералами. Порода интенсивно метасоматически переработана. Все кристаллы полевого шпата полностью сосюртитизированы и по краям кристаллов плагиоклаза альбитизированы.

**Кварцевый диорит.** Структура гипидиоморфнозернистая. Порода состоит из плагиоклаза, кварца, биотита, амфибола и редко калиевого полевого шпата. Полевые шпаты сосюртитизированы и альбитизированы. Темноцветные минералы в виде чешуек биотита и амфибола, которые полностью хлоритизированы. Кварца в породе до 15-18% от всего объема пород.

**Сиенит.** Структура гипидиоморфнозернистая. Порода состоит из сильно пелитизированных кристаллов калиевого полевого шпата, серицитизированных кристаллов плагиоклаза и реликтов темноцветных минералов. Порода интенсивно метасоматически изменена. Все темноцветные минералы превращены в карбонат-хлоритовый агрегат и мусковит. Кварца в породе не более 5% от всего объема. Количество калиевого полевого шпата превышает содержание плагиоклаза.

**Сиенодиорит.** Порода призматическозернистая, сильно метасоматически переработана. Состоит из таблитчатого плагиоклаза, калиевого полевого шпата, кварца. Темноцветные минералы (роговая обманка) превращены в хлорит.

**Монцонит.** Структура пород типично монцонитовая, характеризуется резко выраженным идиоморфизмом плагиоклаза по отношению к калиевому полевоому шпату. Последний образует крупные ксеноморфные зерна, в которых заключены призматические кристаллы плагиоклаза, участками пойкилитовые, которые выражены в крупных кристаллах калиевого полевого шпата, в которых расположены мелкие зерна плагиоклаза и пироксена. Минеральный состав: плагиоклаз – 50-60%, калиевой полевой шпат – 15-20%,

Таблица 2  
Содержание меди в исходных пробах по данным химического анализа, %

№	Название	Cu
ФБ-01	Сиено-диорит	0,051
ФБ-07	Измененный монцодиорит	0,011
ФБ-09	Диорит	0,022
ФБ-17	Измененный монцодиорит	0,077
ФБ-30	Габбро-диорит	0,018
ФБ-59	Кварцевая жила	4,51

пироксен – 12-15%, биотит – 7-9%, амфибол – 2-3% и кварца около 5% от всего объема пород. Акцессорные минералы: апатит, рудный до 5%. Кристаллы плагиоклаза полисинтетически сдвойникованы, зерна серицитизированы и альбитизированы. Клинопироксен шестиугольной и восьмиугольной формы, часто корродирован с краев. По пироксену редко проявляются вторичный уралит и эпидот. Калиевой полевой шпат образует простые двойники, слегка пелитизированные. Кварц находится в межзерновом пространстве.

**Меланократовый монцонит.** Структура пород монцонитовая, участками пойкилитовая. Темноцветные минералы занимают 30-35% от всего объема пород, они представлены в основном клинопироксеном, менее биотитом, и амфиболом. Салические минералы: плагиоклаз, калиевой полевой шпат, кварц, рудный апатит. Порода слегка метасоматически изменена.

**Кварцевый монцонит.** Структура призматическозернистая (средне-крупнозернистая). Порода метасоматически сильно переработана. Минеральный состав представлен плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, реликтами темноцветных минералов (пироксен, биотит) и кварцем. Рудные минералы – до 5%.

Таблица 3

Результаты спектрального анализа пород месторождения Ёшлик

№ проб	Массовая доля, %										Массовая доля (10 <sup>-3</sup> ), %																	
	Si	Al	Ca	Na	K	Fe	Mg	P	Ba	Sr	B	Mn	V	Ti	Cr	Ag	Cu	Pb	Zn	Bi	Ni	Co	Sb	Mo	Sn	Li	Zr	Ga
ФБ-01	25	8	1	8	4	4	1	60	40	20	-	30	30	100	-	0,03	40,0	4	2	-	-	3	-	0,4	0,3	4	3	1
ФБ-07	20	3	2	1	1	8	4	10	20	-	-	100	3	6	-	0,04	10,0	4	10	-	-	3	-	-	0,3	1	-	1
ФБ-09	25	5	1	8	2	8	10	40	-	10	-	60	60	300	1	0,4	60,0	4	2	0,1	6	10	1	0,4	0,3	4	2	3
ФБ-17	20	6	1	4	1	15	8	100	10	10	-	40	60	300	2	0,04	200,0	4	3	0,2	1	8	-	0,3	0,4	6	2	1
ФБ-30	20	6	1	6	1	15	10	10	10	10	-	40	40	200	1	0,04	60,0	3	6	-	6	20	-	0,2	0,3	4	2	4
ФБ-59	30	0	-	0	0	15	0	30	-	-	-	30	3	4	-	-	6%	30	100	1	1	3	1	-	-	3	-	1

Примечание: ФБ-01 – сиено-диорит; ФБ-07 – измененный монцодиорит; ФБ-09 – диорит; ФБ-17 – монцодиорит; ФБ-30 – габбро-диорит; ФБ-59 – кварцевая жила

Таблица 4

Результаты ICP-масс-спектрометрического анализа пород месторождения Ёшлик, г/т

Проба	Li	Be	B*	Na*	Mg*	Al*	P	K*	Ca*	Sc	Ti*	V	Cr	Mn	Fe*	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
Кларк содер.	32	3,8	12	25000	18700	80500	930	25000	29600	10	4500	90	83	1000	46500	18	-	58	47	83
ФБ-01	32,0	3,60	37,0	25000	10000	59000	1100	39000	25000	8,60	2300	110	27,0	510	36000	12,0	7,20	330	47,0	19,0
ФБ-07	54,0	0,370	32,0	2100	92000	63000	600	15000	97000	5,90	950	84,0	26,0	1300	63000	21,0	8,30	59,0	82,0	10,0
ФБ-09	53,0	0,870	40,0	9700	34000	74000	750	15000	92000	14,0	3400	220	34,0	1000	67000	49,0	62,0	180	51,0	12,0
ФБ-17	56,0	2,30	42,0	18000	27000	66000	1400	19000	33000	15,0	4100	200	56,0	810	73000	27,0	22,0	510	69,0	15,0
ФБ-30	44,0	0,670	38,0	16000	43000	85000	850	13000	50000	11,0	2900	240	40,0	1200	87000	64,0	57,0	130	69,0	13,0
ФБ-59	47,0	0,490	37,0	1000	5800	17000	680	3400	5500	2,90	230	52,0	45,0	740	80000	16,0	15,0	53000	1300	2,50
Проба	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr*	Nb	Mo	Ag	Cd	In*	Sn	Sb	Te	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd
Кларк содер.	19	1,7	0,05	150	340	29	170	20	1,1	0,07	0,13	2,5	0,5	0,001	3,7	650	29	70	9	37
ФБ-01	60,0	4,20	130	680	17,0	61,0	10,0	14,0	0,250	0,075	0,049	3,00	2,20	<0,30	5,70	1000	31,0	63,0	7,60	28,0
ФБ-07	62,0	15,0	100	67,0	3,30	38,0	4,30	4,20	0,340	0,052	0,072	2,50	3,60	<0,30	19,0	570	5,90	10,0	0,950	3,30
ФБ-09	89,0	6,70	40,0	1200	8,70	28,0	3,30	4,00	0,360	0,067	0,067	3,60	18,0	<0,30	2,60	390	9,90	31,0	3,40	12,0
ФБ-17	48,0	5,30	66,0	790	13,0	44,0	8,10	4,50	0,480	0,063	0,086	3,90	3,10	<0,30	13,0	530	19,0	50,0	5,20	21,0
ФБ-30	92,0	5,00	41,0	700	7,80	18,0	3,30	2,50	0,240	0,071	0,056	1,50	1,20	<0,30	4,70	440	9,80	24,0	2,40	8,70
ФБ-59	200	10,0	19,0	100	7,80	2,10	0,410	41,0	16,0	0,950	2,10	3,10	85,0	4,00	1,30	61,0	4,80	6,90	1,00	4,10

Примечание: см. табл. 3

Проба	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W*	Re	Pt*	Au*	Tl	Pb	Bi	Th	U
Кларк содер.	8	1,3	8	4,3	5	1,7		3,3	0,27	0,33	0,8	1	2,5	1,3	0,0007	0,005	0,0043	1	16	0,009	13
Фб-01	6,00	1,40	4,60	0,630	3,50	0,620	2,00	0,260	1,80	0,270	2,00	0,840	3,10	<0,01	<0,05	<0,05	0,800	22,0	<b>0,140</b>	17,0	8,30
Фб-07	0,640	0,250	0,690	0,087	0,490	0,100	0,300	0,042	0,360	0,071	1,20	0,300	1,60	<0,01	<0,05	<0,05	0,490	47,0	<b>0,094</b>	0,870	1,10
Фб-09	2,50	0,700	2,10	0,310	1,90	0,350	1,10	0,130	1,00	0,160	0,760	0,220	1,40	0,012	<0,05	<0,05	0,670	23,0	<b>0,560</b>	2,80	2,70
Фб-17	4,80	1,10	3,80	0,510	2,80	0,500	1,50	0,180	1,30	0,210	1,50	0,530	2,70	<0,01	<0,05	<0,05	0,920	22,0	<b>0,520</b>	6,20	4,40
Фб-30	1,90	0,650	1,70	0,250	1,60	0,310	0,950	0,130	0,810	0,130	0,550	0,230	1,30	<0,01	<0,05	<0,05	0,460	13,0	<b>0,200</b>	1,80	2,60
Фб-59	0,840	0,250	1,10	0,140	0,880	0,210	0,550	0,090	0,520	0,075	0,057	0,024	4,80	<0,01	<0,05	<0,05	0,210	<b>1200</b>	<b>18,0</b>	0,250	48,0

Плагиоклаз имеет удлиненно-таблитчатый габитус, сильно сосоритизирован и альбитизирован. По реликтам темноцветных минералов образован хлорит. Кварц составляет до 10%. Акцессорный минерал представлен апатитом.

**Плагиогранит.** Структура гипидиоморфнозернистая. Порода интенсивно метасоматически переработана. Полевые шпаты сильно серицитизированы, слабо сохранены таблитчатые очертания кристаллов. Калиевого полевого шпата в породе мало, он сильно пелитизирован. Темноцветные минералы в виде биотита, реже амфибола, они полностью превращены в хлорит. Кварц занимает около 20-25% от всего объема пород.

**Гранодиорит.** Структура породы гипидиоморфнозернистая. Состав: плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кварц и биотит. Вторичные минералы: хлорит, серицит, альбит. По всей вероятности, эти породы переходные фазы кварцевых монзонитов, на что указывают удлиненно-таблитчатые формы калиевого полевого шпата с простыми двойниками.

**Химический и минеральный составы пород и руд.** По изученным породам проведены спектральный, химический и ИСР-масс-спектрометрический анализы.

По данным химического анализа содержание меди в исходных пробах составляет от 0,011% до 4,51% (табл. 2). Самое высокое содержание меди установлено в пробе Фб-59 – кварцевых жилах с вторичными минералами меди, гидроксидами железа.

Породы алюмосиликатного состава с повышенными содержаниями железа, натрия, магния, калия (табл. 3). Количество меди в составе исходных проб колеблется от 10<sup>-10</sup>-3% до 6%. В некоторых пробах установлено повышенное содержание свинца (до 30х10<sup>-3</sup>%), цинка (до 100х10<sup>-3</sup>%), висмута (до 1х10<sup>-3</sup>%, табл. 3).

По данным ИСР-масс-спектрометрического анализа содержание меди в изученных пробах составляет от 59,0 г/т до 53000 г/т (5,3%). Из полутных компонентов установлено повышенное содержание молибдена (до 41 г/т), серебра (до 16,0 г/т), висмута (до 18 г/т). Во всех изученных пробах содержание селена значительно превышает кларковое содержание элемента. Количество селена составляет 4,2-15,0 г/т (табл. 4).

В единичных пробах установлено повышенное содержание теллура – до 4,0 г/т, свинца – до 1200 г/т, цинка – до 1300 г/т. По данным ИСР-масс-спектрометрического анализа содержание золота во всех изученных пробах составляет менее 0,05 г/т. Количество

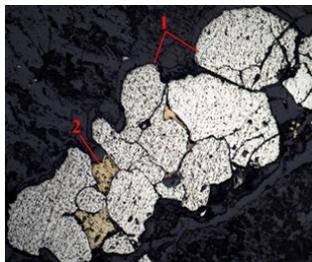


Рис. 2. Аншлиф № Фб-17: 1 – пирит; 2 – халькопирит. Увел. 100х, без анализатора. Прожилковая текстура рудных минералов



Рис. 3. Аншлиф № Фб-32: 1 – гидроксиды железа; Увел. 100х, без анализатора. Прожилково-вкрапленная текстура рудных минералов



Рис. 6. Аншлиф № Фб-09: 1 – пирит. Увел. 40х, без анализатора. Скопление рудных минералов

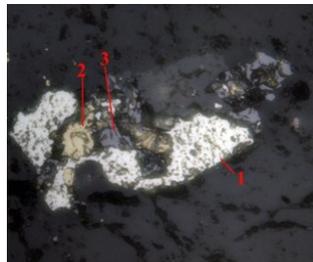


Рис. 7. Аншлиф № Фб-17: 1 – пирит; 2 – халькопирит; 3 – магнетит. Увел. 400х, без анализатора. Агрегативное срастание пирита, халькопирита и магнетита



Рис. 4. Аншлиф № Фб-17: 1 – халькопирит; 2 – пирит; 3 – магнетит. Увел. 100х, без анализатора. Вкрапленная текстура рудных минералов



Рис. 5. Аншлиф № Фб-30: 1 – магнетит. Увел. 40х, без анализатора. Вкрапления магнетита

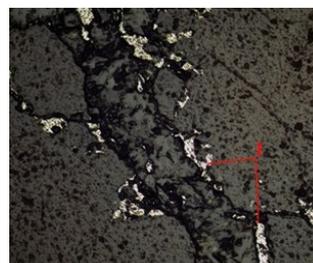


Рис. 8. Аншлиф № Фб-02: 1 – пирит. Увел. 100х, без анализатора. Развитие рудных минералов по трещинам пород

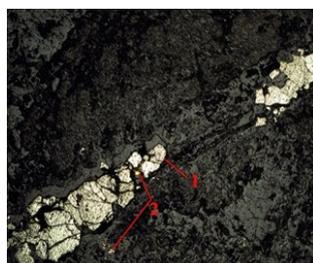


Рис. 9. Аншлиф № Фб-17. 1 – пирит; 2 – халькопирит. Увел. 40х, без анализатора. Прожилок пирита халькопирит-пиритового состава

остальных рудогенных элементов близкларковое и не представляет практического интереса (табл. 4).

В полированных аншлифах, изготовленные из каменных образцов месторождения Ёшлик установлены рудные минералы, их структурно-текстурные особенности и характер взаимоотношения.

Текстура рудных минералов в основном вкрапленная, редко прожилковая, вкрапленная-прожилковая и гнездовая. Прожилки существенно пиритового и халькопирит-пиритового состава. Иногда представлены их продуктами окисления.

Вкрапленники рудных минералов в основном в виде отдельных зерен, редко образуют агрегативные сростки. Структура руд тонко, среднезернистая, неравномерной зернистости, гипидиоморфно-зернистая. Часто рудные минералы развиваются в межзерновом пространстве, по трещинам пород и слоистости нерудных минералов (рис. 2-9).

Содержание рудных минералов в аншлифах составляет от единичных, частных зерен до 2-5%. Преобладают породы с содержанием рудных минералов 1-2%.

Магнетит, пирит, халькопирит, гематит, рутил являются основными рудными минералами. В окисленных породах преобладают оксиды и гидроксиды железа. Часто в единичных зернах отмечаются борнит, сфалерит, галенит.

Следует отметить данные по кларкам-концентрациям (КК), которые характеризуют степень концентрации данного элемента по отношению к его среднему содержанию в породах земной коры, т.е. к его кларку. Рассмотрим это на вариационных диаграммах по пересчитанным анализам результатов (по Виноградову А.П.), полученных из ЦЛ Госкомгеологии РУз (рис. 10, 11).

По распределению элементов в породах месторождения Ёшлик Алмалыкского интрузива (рис. 10, 11) можно сказать следующее:

В породах, содержание элементов горных пород имеет околокларковые и нижекларковые значения. Исключением являются кларк-концентрации стронция, который во всех образцах имеет вышекларковое значение (1-3, 82), лишь в анализе ФБ-31 его значение нижекларковое (0,71). Повышенные концентрации этого элемента связаны с присутствием в породах сульфатов, которые выступают

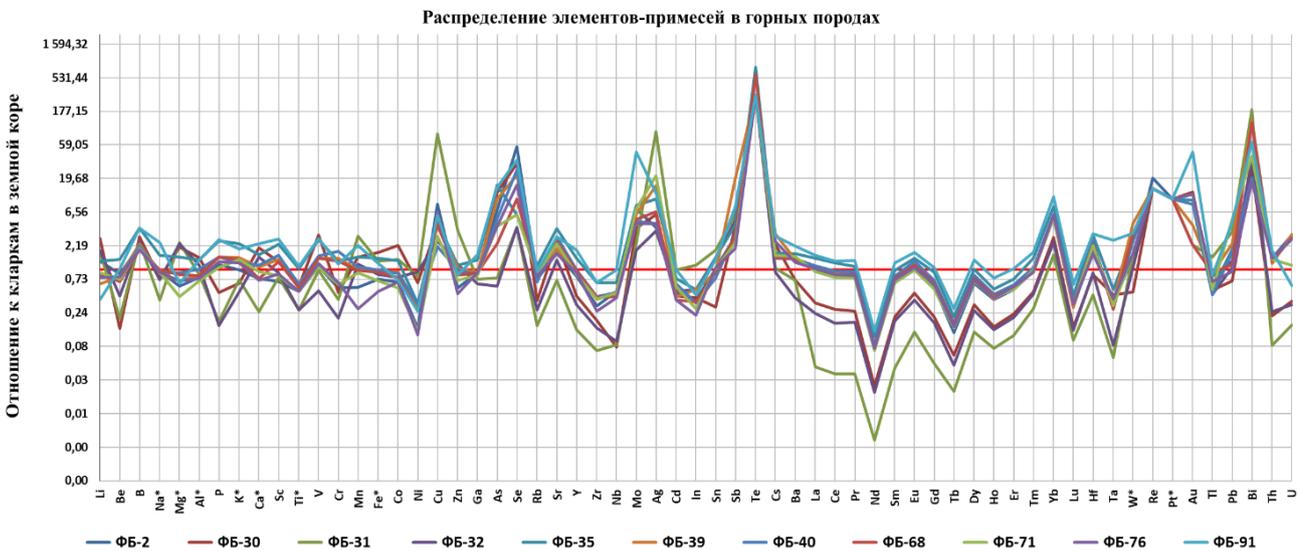


Рис. 10. Распределение элементов-примесей в породах Алмалыкского интрузива (месторождение Ёшлик)

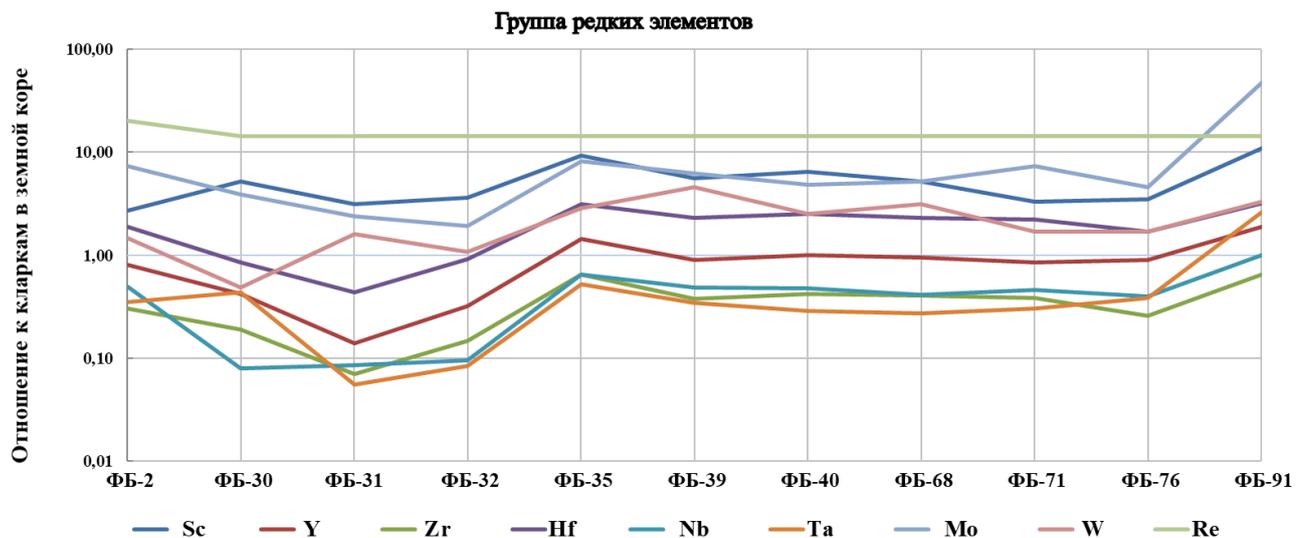


Рис. 11. Распределение редких элементов в породах Алмалыкского интрузива (месторождение Ёшлик)

формами концентрации стронция в земной коре. Рений во всех образцах превышает кларк-концентрации более чем в 10 раз. Количество W превышает кларк в образце ФБ-39 в 4,54 раза (его содержания варьируют в пределах 1-5 *г/т*). В породах наблюдаются превышающие кларк-концентрации значения Mo от 1 до 8 (1-9 *г/т*), а в образце ФБ-91 (гранит) его содержание превышает кларк в 47 раз (52 *г/т*). Показатели металлоидных, металлогенных элементов вышекларковые во всех образцах. Содержания теллура превышают кларк в 300-750 раз. Наиболее характерная особенность теллура – резкое повышение его концентрации в наиболее поздних минеральных парагенезисах единого рудообразующего процесса. Висмут – один из редких элементов земной коры. В изучаемых нами образцах содержание этого элемента варьируют от 7 до 188. Так как повышенное содержание висмута характерно для сульфидных месторождений, скорее всего весь висмут рассеян в пирите, халькопирите и галените. Количество мышьяка повышено относительно кларка в земной коре в 2,35-15,88 раз, селена – в 4-90 раз. Это можно объяснить воздействием Se-As флюидов на породы в процессе преобразований. Количество сурьмы превышает кларк в 2-24 раза. Содержания благородных элементов в породах достигают промышленных значений. Платина имеет условное значение,

так как получены неточные данные анализа, без указания конкретного содержания в породе (со знаком <). Содержание серебра варьирует и превышает кларк в 2,29-28,57 раз. В образце ФБ-31 в 91,43 раз. Содержание золота повышено в 2,23-30,23 раз, в образце ФБ-91 в 46,51 раз.

**Минеральный состав рудных концентратов.** Продукты гравитационного обогащения изучались под бинокулярном, особое внимание уделялось составу концентратов. Определялся их минералогический состав, количественные соотношения минералов (табл. 5). Состав концентратов представлен в основном пиритом, магнетитом, халькопиритом, гематитом и гидроксидами железа. В некоторых концентратах установлены высокие содержания медной зелени (карбонат меди – малахит, проба № ФБ-59), смоляная медная руда. Кроме того, в составе концентратов установлены борнит, ковеллин, халькозин, рутил в незначительном количестве или в единичных зернах. Также во всех концентратах установлены кварц, плагиоклаз, калиевые полевые шпаты (КПШ), амфибол, кальцит, биотит, эпидот из нерудных минералов и обломки вмещающих пород.

Содержание рудных минералов в породах месторождения Эшлик составляет от единичных, частных зерен до 2-5%. Основны-

Минеральный состав концентратов

Таблица 5

№	Проба	Минеральный состав
1.	ФБ-01	Выход концентрата составил 2,91%. Концентрат представлен в основном магнетитом и пиритом. Магнетит иногда отмечается в сростках с гематитом. Содержание магнетита составляет 30-35%. Форма зерен изометричная, октаэдрическая, ромбо-октаэдрическая, оскольчатая. Пирит в составе концентрата составляет 12-15%. Отмечаются в виде кубических, оскольчатых, ксеноморфных кристаллов. В подчиненном количестве установлен халькопирит – 1-3%. Кроме этого, часто отмечается медная зелень (0,0п%), гидрооксиды железа (~1%), в единичных зернах установлены борнит и рутил. Выход магнитной фракции составил 39,88% от общей массы концентрата. Остальная часть концентрата представлена нерудными минералами, обломками вмещающих пород в сростках с рудными минералами или их включениями, в виде свободных кристаллов. Среди нерудных минералов преобладают КПШ, в подчиненном количестве установлены кварц, плагиоклаз. Содержание кальцита в концентрате составляет 5-7%. Редко отмечается биотит в сростках с КПШ. Обломки вмещающих пород примерно составляют 10%.
2.	ФБ-07	Выход концентрата составляет 1,81%. В составе концентрата установлены пирит, магнетит, гематит, гидроксид железа, халькопирит. Среди них преобладает пирит. Содержание минерала составляет 25-30%. Зерна пирита – кубические, угловатые, оскольчатые, кубоктаэдрические. Кристаллы пирита в основном свободные от нерудных минералов. Магнетит составляет примерно 17-20%. Выход магнитной фракции составляет 22,07% от общей массы концентрата. Также в составе концентрата установлен гидроксид железа 1-5%. Халькопирит отмечается в виде ксеноморфных зерен. В единичных зернах установлена медная зелень. Кроме того, в составе концентрата установлены темноцветные минералы (амфибол, биотит), кварц, эпидот, полевые шпаты, карбонаты, обломки вмещающих пород, где полевые шпаты пелитизированы. Содержание карбонатов составляет 10-12%. Биотит отмечается в сростках с полевыми шпатами.
3.	ФБ-09	Концентрат сульфидного состава. Сульфиды представлены в основном пиритом – 50-55%. Форма зерен пирита ксеноморфная, кубическая, оскольчатая. В основном кристаллы пирита свободные. Некоторые зерна пирита, слабо окисленные по поверхности. Под бинокуляром похожи на гетит, но при описании брикетов установлено, что гидроксиды железа почти отсутствуют в концентрате. В единичных зернах установлены магнетит, медная зелень и халькопирит из рудных минералов. Остальная часть концентрата представлена нерудными минералами, в том числе полевыми шпатами, амфиболами, карбонатами, обломками вмещающих пород, редко кварцем, эпидотом. В единичных зернах установлен гранат в виде угловатых кристаллов розового цвета.
4.	ФБ-17	Минеральный состав концентрата: магнетит – 20-25%, халькопирит – 20-25%, пирит 40-45%, обломки вмещающих пород, КПШ, плагиоклаз, кварц, кальцит – 5-10%. Выход магнитной фракции составляет 28,64%. Рудные минералы представлены в основном в виде свободных кристаллов. Редко отмечаются в сростках с породообразующими минералами.
5.	ФБ-30	В составе концентратов преобладает магнетит – 75-80%. Выход магнитной фракции составляет 81,54% от общей массы концентрата. Магнетит отмечается в основном в виде свободных кристаллов. Редко установлены сростки магнетита с нерудными минералами. Также в составе концентрата установлены пирит 1-5%, халькопирит – ч.з., гидроксиды железа 2-5%, медная зелень – ч.з. Остальная часть концентрата представлена плагиоклазом, амфиболом, кварцем, биотитом.
6.	ФБ-59	В составе концентрата установлены халькопирит, пирит, халькозин, медная зелень, гидроксид железа, развивающийся по пириту и халькопириту, магнетит из рудных минералов. Среди них преобладают халькопирит (5-7%) и вторичные минералы меди: халькозин (5-7%), смоляная медная руда (гидроксид по халькопириту – 20-30%), медная зелень – карбонат меди (20-25%). Халькопирит отмечается в неокисленном, полуокисленном виде. Форма зерен ксеноморфная. Медная зелень (карбонат меди) – цвета «морской волны». Растворяется в 10% HCl кислоте. Форма зерен ксеноморфная, кристаллы свободные, иногда в сростках с бурными гидроксидными железом и единичными зернами халькопирита. Кроме того, в составе концентратов отмечается пирит (~1%), гидроксиды железа (3-7%), магнетит (~1%). Выход магнитной фракции составляет 0,44%. Остальная часть концентрата представлена кварцем и кальцитом.

ми рудными минералами являются магнетит, пирит, халькопирит, гематит, рутил. В окисленных породах преобладают оксиды и гидроксиды железа. Часто в единичных зернах отмечаются борнит, сфалерит, галенит.

В концентратах гравитационного обогащения по данным ИСР-масс-спектрометрического анализа содержание элементов составляет: медь – 260 г/т - >20000 г/т (в составе концентратов количество молибдена достигает 120 г/т); из попутных компонентов установлены серебро – от 0,69 г/т до 80 г/т, теллур до 16,0 г/т, селен от 9,4 г/т до 170 г/т; золото в концентратах единичных проб – 0,5 г/т; висмут от 0,65 г/т до 33 г/т.

Содержание рудогенных элементов в остальных продуктах гравитационного обогащения меньше, чем в концентратах. Установленные повышенные содержания некоторых ценных ком-

понентов в промышленных продуктах, легких фракциях и шламах обусловлены тонкозернистыми структурами рудных минералов.

В составе концентратов содержание меди составляет от 0,06% до 15,32% по данным химического анализа. Сера сульфидная в составе концентратов составляет до 30,86%. Оксиды железа являются основными компонентами концентратов. Содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> колеблется от 29,99% до 76,07%, FeO от 1,72% до 20,4%. Месторождение Ёшлик, как и другие медно-порфировые объекты Алмалыкского рудного района является полихронным и полиформационным. Формирование его связывается с малыми интрузиями диоритов и главным образом монцодиоритов и монцонитов. Представляется возможная связь оруденения золота, серебра и платиноидов с плутоническими дайковыми образованиями [7].

### Библиографический список:

1. Твалчрелидзе Г.А. Металлогенические особенности главных типов вулканических поясов. – М., 1977. – 110 с.
2. Голованов И.М., Николаева Е.Н., Кажихин М.А. Комплексная прогнозно-поисковая модель медно-порфировой формации. – Т.: Фан, 1988. – 203 с.
3. Турсебеков А.Х., Ахунджанов Р., Игнатиков Е.Н., Сайдыганиев С.С. О полиформационности медно-молибденового месторождения Кальмакыр (Алмалыкский рудный район, Республика Узбекистан) // Узб. геол. журн. 1993. – №6. – С. 33-44.
4. Ахунджанов Р., Турсебеков А.Х. Связь скарново-полиметаллических медно-молибденовых месторождений Карамазара с интрузиями (Кураминские горы) // Узб. геол. журн. 1985. – №3. – С. 6-9.
5. Головин А.Ф., Турсебеков А.Х., Балакин В.В. Новый золото-серебряный полиметаллический жильный тип минерализации в медно-порфировых месторождениях (УзССР) // Зап. Узб. ВМО. 1981. – Вып. 34. – С. 182-186.
6. Турсебеков А.Х., Василевский Б.Б. Геолого-генетическая модель формирования руд медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района, Узбекистан // Руды и металлы. 2006. – №5. – С. 67-76.
7. Каримова Ф.Б. Плутонические дайки золото-серебряных месторождений Алмалык-Ангренского района. – Т.: «Lesson Press», 2020. – 113 с.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 1(88) pp. 41-47

### SMALL INTRUSIONS AND MINERALIZATION OF THE YOSHLIK DEPOSIT (ALMALYK DISTRICT)

<sup>1</sup>Karimova F.B., Head of the Petrology Laboratory, PhD in Geological and Ministerial Sciences.

<sup>2</sup>Dzhumaniyazov D.I., junior researcher Fellow.

<sup>3</sup>Usmanova Sh.V., Doctoral student.

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek.

<sup>2</sup>Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullayev, State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan.

The article discusses the ore content of small intrusions of the Yoshlik (Dalneye) deposit. Petrographic, chemical and mineral compositions of rocks and ores are presented. Factual material describing the ore concentrates is given. Studies of the composition of rocks and ores were carried out in the Central Laboratory of the State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan, the determination of the contents of petrogenic and rare elements in rocks and sulfides was carried out by ICP MS methods on an ICPE-9000 spectrometer.

**Keywords:** continental margin, volcano-plutonic belts, small intrusions, ore, gold, silver, copper, molybdenum, ore-formation analysis.

### Bibliographic list:

1. Tvalchrelidze G.A. Metallogenic features of the main types of volcanic belts. – M. 1977. – 110 p.
2. Golovanov I.M., Nikolaeva E.N., Kazhikhin M.A. Integrated Predictive Exploration Model of Porphyry Copper Formation. – T.: Fan, 1988. – 203 p.
3. Turesebekov A.Kh., Akhundzhanov R., Ignatikov E.N., Saydyganiev S.S. On the porphyry character of the Kalmakyr copper-molybdenum deposit (Almalyk ore region, Republic of Uzbekistan) // "Uzbekskiy geologicheskij zhurnal", 1993, no. 6, pp. 33-44.
4. Akhundzhanov R., Turesebekov A.Kh. Connection of skarn-polymetallic copper-molybdenum deposits of Karamazar with intrusions (Kuramin mountains) // "Uzbekskiy geologicheskij zhurnal", 1985. No. 3, pp. 6-9.
5. Golovin A.F., Turesebekov A.Kh., Balakin V.V. New gold-silver polymetallic vein type of mineralization in copper-porphyry deposits (UzSSR) // Zap. Uzbek. WMO. 1981. Issue. 34, pp. 182-186.
6. Turesebekov A.Kh., Vasilevsky B.B. Geological and genetic model of the formation of ores of porphyry copper deposits of the Almalyk ore region, Uzbekistan // Rudy i metally, 2006, no. 5, pp. 67-76.
7. Karimova F.B. Plutonic dikes of gold-silver deposits of the Almalyk-Angren region. T.: "Lesson Press", 2020. – 113 p.

## ZIYOVUDDIN TOG'LARIDAGI OQMOZOR INTRUZIVNING PETROGEOKIMYOVIIY XUSUSIYATLARI



**Orolov A.K.,**  
«Mineralogiya va geokimyo» bo'limi tayanch  
doktoranti, H.M. Abdullayev nomidagi  
Davlat geologiya qo'mitasi  
Geologiya va geofizika instituti



**Karabayev M.S.,**  
"Foydali qazilma konlarini izlash va qidirish"  
kafedrasini mudiri, g.-m.f.d., professor,  
Geologiya fanlari universiteti



**Amirov E.M.,**  
«Mineralogiya va geokimyo» bo'limi mudiri,  
(PhD), H.M. Abdullayev nomidagi  
Davlat geologiya qo'mitasi  
Geologiya va geofizika instituti

Ushbu maqolada Ziyovuddin tog'laridagi Oqmozor intruzivi tog' jinslarining petrogeokimyoviy xususiyatlarini tadqiq etish hulosalari tavsiflangan. Tadqiqotlar natijasida maxsus petrokimyoviy diagrammalar tuzildi va tahlil qilindi.

Intruziv jinslarning ohak-ishqorli seriyaga mansubligi aniqlandi: Intruziv kompleksning asosiy fazasi hisoblangan rogovoya obmanka-biotitli porfir ko'rinishli granit-granodioritlar ishqorlar yig'indisiga ko'ra normal va o'rta qatorga, qo'shimcha faza tog' jinslari biotitli leykokrat granitlar esa o'rta ishqorli qatorga to'g'ri keladi. Granit porfir va aplit daykalari ishqorlar miqdoriga ko'ra o'rta ishqorli magmatik tog' jinslariga mansub.

Intruziv tog' jinslarida selen, vismut, margumush, tellur va molibdenlarning klark konsentratsiyalari yuqoriligi aniqlandi. Bu esa ushbu tog' jinslari asl-ma'danlashuvga istiqbolli ekanligidan dalolat beradi.

**Tayanch iboralar:** Ziyovuddin tog'lari, Oqmozor intruzivi, magmatik hosilalar, fazalar, granit va granodioritlar, dayka, aplit, o'rtacha miqdor, klark, ma'danli elementlar.

В данной работе изучены петрогеохимические особенности Акмазарского интрузива гор Зиаэтдин. В результате исследований составлены и проанализированы специальные петрохимические диаграммы. Установлена принадлежность интрузивных пород к известково-щелочной серии; по сумме щелочей роговообманково-биотитовые порфиroidные гранит-гранодиориты основной фазы соответствуют к ряду нормальной и средней щелочности, а биотитовые лейкократовые граниты дополнительной фазы интрузивного комплекса – к породам средней щелочности. Дайки гранит-порфиров и аплитов по сумме щелочей относятся к магматическим породам нормальной щелочности.

В интрузивных породах установлены повышенные кларки концентрации селена, висмута, мышьяка, теллура и молибдена, которые указывают о потенциальной рудоносности этих пород на благороднометалльное оруденение.

**Ключевые слова:** горы Зиаэтдин, Акмазарский интрузив, магматические образования, фазы, гранит и гранодиориты, дайки, аплит, средние содержания, кларк, рудные элементы.

So'nggi yillar davomida Respublikamiz iqtisodiy rivojlanish omillarining muhim qismi bo'lib mineral xom-ashyo bazasi xizmat qilib kelmoqda va foydali qazilma, xususan ma'danli konlarni qidirish, bashoratlash, mineral xom-ashyo bazasini kengaytirish borasidagi masalalar yechimi muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Ma'lumki ko'pgina foydali qazilma qazilmalar, jumladan ma'danli konlar magmatik tog' jinslari va ularning hosilasi bo'lmish postmagmatik jarayonlar bilan uzviy bog'liq holda vujudga kelishi aniqlangan [1-3]. Shu sababdan, magmatik tog' jinslarining moddiy tarkibini o'rganish va ular bilan bog'liq bo'lgan istiqbolli ob'yektlarni aniqlash geologiya sohasi fani va amaliyotining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Bu borada magmatik tog' jinslarining petrologik-geokimyoviy xususiyatlarini tadqiq etishga ko'proq urg'u berilgan va ko'rsatilgan masalalar yechimini amalga oshirish orqali, endogen ma'danlashuvning qidirish-bashoratlash mezonlari ajratilmoqda [4-6].

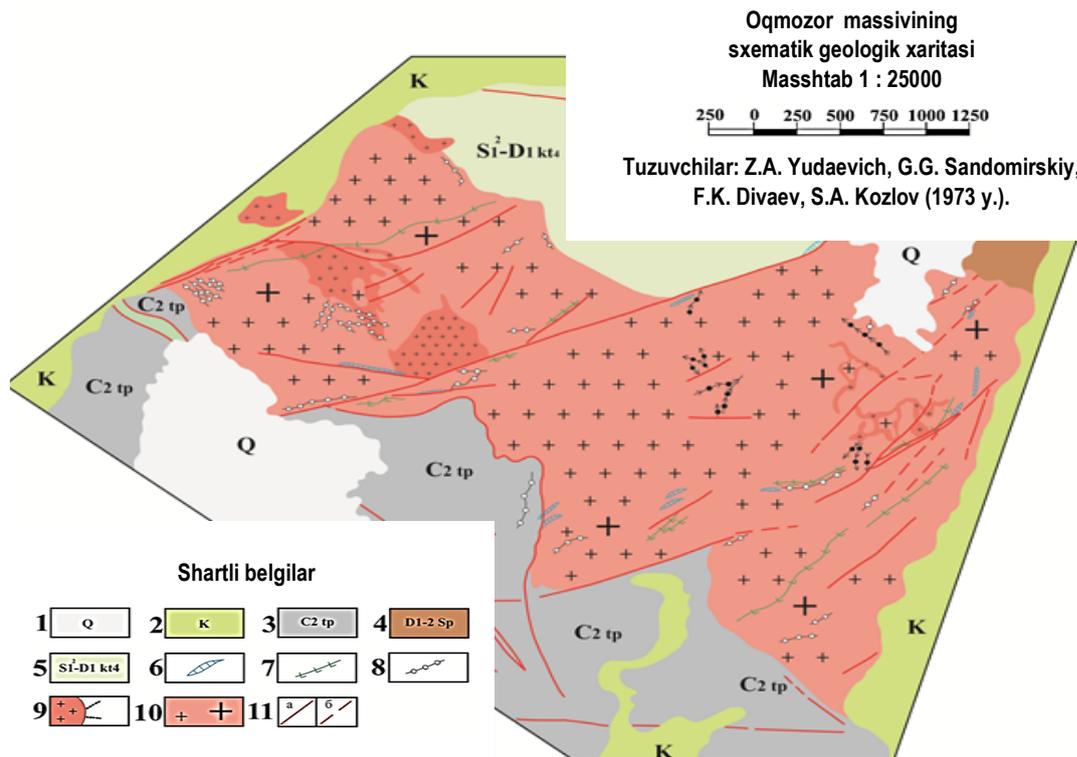
Ziyovuddin tog'lari Zarafshon tog' tizmasining shimoliy – g'arbiy etaklarida joylashgan bo'lib, bir qator balandliklar seriyasidan iborat. Ular asosan quyi paleozoyning (quyi va yuqori silur, devon) cho'kindi metamorfik, har xil tarkib va yoshga taalluqli magmatik tog' jinslaridan tashkil topgan [6-7]. Maydonning geologik rivojlanishida quyidagi tektono-magmatik bosqichlar ajratiladi: birinchisi kaledon – meridional yo'nalishdagi burmalar hosil bo'lishi; ikkinchisi gertsin – shimoliy-g'arbiy yo'nalishdagi uzilmali strukturalar va granitoidli magmatizmning rivojlanishi va uchinchi – mezozokaynozoy tektogenez jarayonlarini o'z ichiga oladi.

Zirabuloq tog'lari kabi, Ziyovuddin tog'lari intruzivlari ham shimoliy-g'arb yoki kenglik yo'nalishi bo'yicha cho'zilgan va burmali antiklinalning yadro qismida joylashgan [6-9]. Ziyovuddin tog'larining intruziv magmatizmi asosan granitoidli formatsiyaga taalluqli bo'lib, bu yerda xususan g'arbdan sharq tomon: Chaydaroz (12 km<sup>2</sup>), Qo'shquduq (34 km<sup>2</sup>), Mayzak (6 km<sup>2</sup>), Gunjak (5 km<sup>2</sup>), Oqmozor (22 km<sup>2</sup>), Qarab (6 km<sup>2</sup>) intruzivlari joylashgan va ularning zamonaviy yuzaga chqib qolgan maydoni 100 km<sup>2</sup> ni tashkil etadi [10]. Ushbu intruzivlar Hamrabayev I.H., Sviridenko A.F., Baymuhamedov H.N., Adelung A.S., Barkovskaya Y.I., Sorokin E.S. va boshqalar tomonidan o'rganilgan [9-10].

Ziyovuddin tog'lari intruzivlari magmatizmning asosiy fazasida shakllangan bo'lib, ularning orasida faqatgina Oqmozor va Qo'shquduq intruzivlari yirikroq tanalarni hosil qiladi. Shu bilan birga ushbu massivlarda intruzivning ikkinchi fazasi – granodiorit-granitlar formatsiyasiga taalluqli jinslar kengroq tarqalgan.

Ziyovuddin tog'lari intruzivlari joylashuv sharoitlari, shakli, strukturaviy-teksturaviy xususiyatlariga ko'ra Zirabuloq tog'lari intruzivlariga yaqin, lekin moddiy tarkiblariga ko'ra bir-biridan farqlanadi [10-11]. Ziyovuddin tog'lari granitoidlari granodioritlar formatsiyasiga taalluqli bo'lgani bilan intruzivning ko'proq qismi granitlardan tashkil topgan, aniqrog'i ular granit va granodioritlar oraliq tarkibiga to'g'ri keladi.

Asosiy fazaga taalluqli bo'lgan granit-granodiorit porfirilar uchun biotitning kam miqdordaligi (5-8%) va asosiy tarkibli plagioklazlar (andezin; 28-40% gacha) xarakterli hisoblanadi. Kaliyli dala shpati



**1-rasm. Oqmozor intruzivining sxematik geologik xaritasi:** 1 – to'rtlamchi davr hosilalari; 2 – bo'r sistemasi yotqiziqlari; 3 – karbon sistemasi yotqiziqlari. Tepalik svitasi: qumtoshlar, alevrolitlar, kremniyli jinslar, ohaktoshlar; 4 – devon sistemasi yotqiziqlari. Sappen svitasi: slanetslar, ohaktoshlar, konglomeratlar, gravelitlar, qumtosh qatlamlari, alevrolitlar, kvartslar; 5 – Kattarmay svitasi: 4 – svita osti: alevrolitlar, qumtoshlar, slanetslar; 6 – kvarts tomirlari; 7 – C<sub>3</sub> kz: spessartitlar, vogeziit-spessartit; 8 – C<sub>3</sub> kz: applit, applit-pegmatit, mayda donali granitlar; 9 – C<sub>3</sub> kz: mayda-o'rta donali ikki slyudali granitlar; 10 – C<sub>3</sub> kz: o'rta-yirik donali granitlar; 11 – yer yoriqlar: a – tasdiqlangan, b – taxminiy

(mikroklın, mikroklın-mikropertit) 19-30%, kvarts 25-35% miqdorgacha uchraydi. Porfir ajralmalari plagioklaz va mikroklından iborat.

Oqmozor intruzivi Qarnob intruzivining shimoliy-g'arbiy qismda joylashgan. Oqmozor intruzivining sxematik geologik xaritasi 1-rasmda keltirilgan. Intruziv shimoliy-sharq va janubiy-g'arbdan silur sistemasi-ning slanetslarini yorib chiqqan bo'lsa, janubiy-sharq hamda shimoliy-g'arbdan bo'r sistemasi yotqiziqlari bilan qoplangan. Oqmozor intruzivi erozion kesimda egallagan maydoni 22 km<sup>2</sup> ni tashkil etadi, massivning mutloq yoshi K-Ar usuli ma'lumotlari bo'yicha – 270 mln yil, ya'ni erta perm (P<sub>1</sub>) davriga to'g'ri keladi.

Intruziv biotitli, ba'zi joylarda porfirsimon (γ<sub>3</sub>) va leykokrat (alyaskit), granitlardan (γ<sub>4</sub>) tarkib topgan. Tomirli hosilalardan lamprofir-lar, granit-aplitlar uchraydi [7, 10]. Oqmozor intruzivining asosiy tog' jinslari bo'lib o'rta-yirik donali biotitli granitlar xisoblanadi. Biotitli granitlarning mineralogik tarkibi quyidagicha: plagioklaz 20-40%, kaliyli dala shpati (mikroklın, kam xollarda ortoklaz) 28-33%, kvarts 25-35%, biotit 5-10%, aktsessor mineralar 0,1-2%.

Massivning kontaktga yaqin qismlarida biotitli granitlar asta-sekin granodiorit – adamellitlarga aylanib boradi [10]. Ushbu granitlar petrografik tavsifiga binoan Qarnob va Qora tog' intruzivlari bilan o'xshash [11].

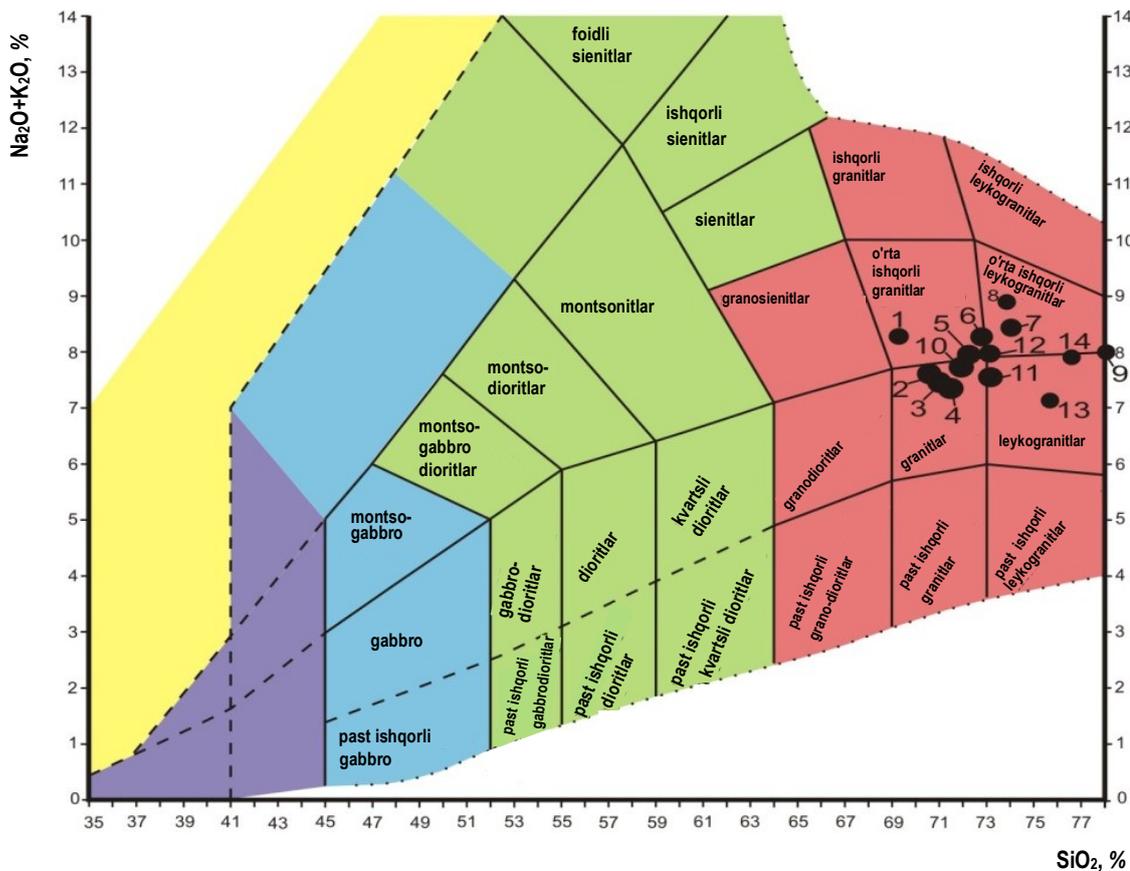
Quyida Oqmozor intruzivi tog' jinslarining petrologik va geokimyoviy xususiyatlariga oid olingan tadqiqot natijalarini keltirib o'tamiz. Oqmozor intruzivi tog' jinslarining kimyoviy tarkibiga oid ma'lumotlar (1-jadval) maxsus diagrammaga tushirildi (2 va 3-rasmlar).

Tahlil natijasiga ko'ra granitoidlar diagrammaning normal va o'rta ishqorli qatoriga to'g'ri kelayotgani ma'lum bo'ladi. Umuman olganda,

1-jadval

**Oqmozor intruzivi tog' jinslari kimyoviy tahlili (% hisobida)**

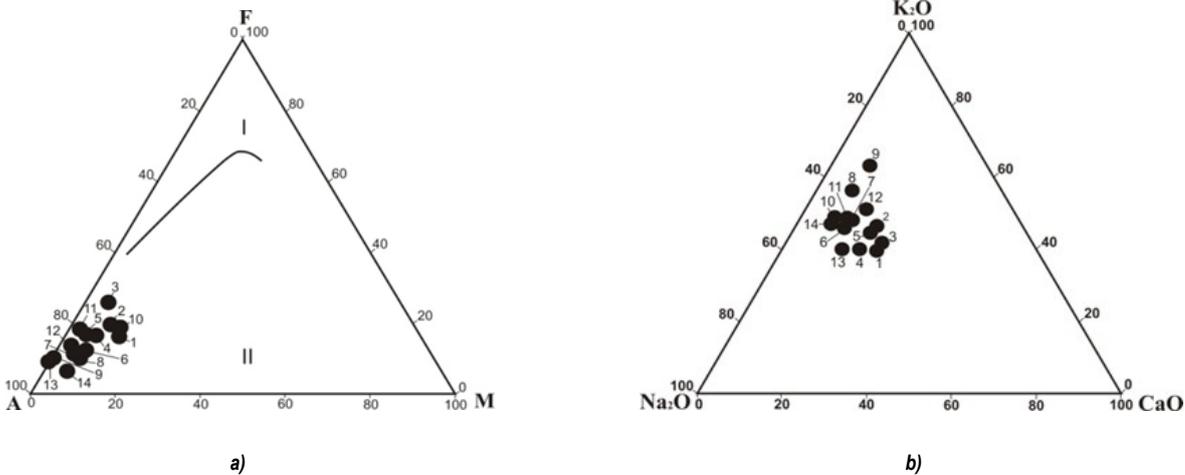
Namuna №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Rogovaya obmanka-biotitli porfirsimon adamellit (asosiy faza)					Leykokrat-biotitli granitlar (qo'shimcha faza)					Granit daykasi		Aplit daykasi	
SiO <sub>2</sub>	69,52	71,29	71,87	71,9	73,1	72,59	74,5	73,4	73,42	75,9	74,3	76,95	78,65	72,35
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,32	0,32	0,24	0,12	0,17	0,1	0,11	0,1	0	0,12	0,07	0	0,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,1	14,24	13,97	14,68	14,42	13,88	13,13	14,24	13,89	14,6	13,71	12,95	10,61	14,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,21	1,1	0,2	0,06	0,52	0,21	0,38	0,4	0,2	0,75	0,09	0,72	0,9
FeO	1,91	1,9	1,73	1,43	1,22	1,16	0,9	1,46	0,9	0,53	0,41	0,47	0,18	1,2
MnO	0,04	0,04	0,04	0,13	0,02	0,05	0,02	0,04	0,05	0	0,05	0,01	0	0,01
MgO	1,5	1	0,6	0,71	0,7	0,5	0,7	0,2	0,25	0	0,5	0,5	0,03	1,35
CaO	2,38	1,84	2,24	1,71	1,12	1,82	0,84	0,94	1,33	1,2	1,12	0,7	0,84	0,7
Na <sub>2</sub> O	4	3,28	3,48	3,8	3,93	3,54	3,43	3,45	3,2	3,86	3,79	3,79	2,42	3,65
K <sub>2</sub> O	4,2	4,38	4,1	3,68	4,27	4,31	5,53	4,22	4,74	3,36	4,7	4,05	5,6	4,1
H <sub>2</sub> O	0,1	0,08	0,06	0,26	0,12	0,1	0,13	0	0	0,16	0,12	0,05	2,04	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,2	0,05	0,07	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0	0,05	0,05	0,22	0,1
SO <sub>3</sub>	0,1	0	0	0	0,1	0,16	0,1	0,14	0,12	0	0,1	0,38	0,13	0
CO <sub>2</sub>	0,27	0,33	0,28	0	0,05	0,39	0,05	0,5	0,55	0	0,11	0	0	0,1
П.п.п.	0,76	1,07	0,33	0,54	1,06	1,02	0,88	0,78	1,28	0,28	0,38	0,53	1,23	1
Сумма	100,3	100,2	100,2	99,4	100,3	100,3	100,6	99,9	100,3	100,1	100,2	100,6	102,7	100,5



2-rasm. Oqmozor intruzivi tog' jinslari  $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$  diagrammasida tutgan o'rni: 1 – rogovaya obmanka-biotitli porfirsimon granit-adamellit; 2, 3 – porfirsimon biotitli granit; 4 – adamellit asosiy faza; 5 – yirik donali biotitli granit; 6 – adamellitlarni kesib o'tgan biotitli leykokrat granit porfir; 7 – mayda donali leykogradit; 8, 9, 10 – leykogradit qo'shimcha faza; 11 – granit porfir daykasi; 12 – granit daykasi; 13, 14 – apilit daykasi

tog' jinslari asosan o'rta ishqorli qatorga mansub (2-rasm). Oqmozor intruzivi asosiy faza tog' jinslari, ya'ni rogovaya obmanka-biotitli porfirsimon granit-granodioritlari, ishqorlar yig'indisiga ko'ra normal va o'rta ishqorli qatorlarga to'g'ri kelgan bo'lsa, intruzivning qo'shimcha faza jinslari leykokrat-biotitli granitlar o'rta ishqorli qatorga mansub. Granit va apilit daykalari ishqorlar yig'indisiga ko'ra, magmatik tog' jinslarining normal ishqorli qatoriga to'g'ri keladi (7-8,2%).

Oqmozor intruzivi tog' jinslari ohak-ishqorli seriyaga mansubligi, AFM diagrammasida o'z aksini topgan (3-rasm, a). Nordon tarkibli, rogovaya obmanka-biotitli porfirsimon adamellitlar, leykokrat-biotitli granitlar, granit va apilit daykalar,  $CaO-Na_2O-K_2O$  diagrammasida natriy va kaliy oksidlari oralig'ida joylashganligini ko'rish mumkin. Bu esa ushbu jinslar tarkibida kvarts, plagioklaz (albit-oligoklaz) va kaliyli dala shpati (ortoklaz, mikroclin) hamda biotitlarning ko'pligidan dalolat beradi (3-rasm, b).



3-rasm. Oqmozor intruzivi tog' jinslari AFM diagrammalarida tutgan o'rni: a)  $(Na_2O+K_2O) - (FeO+Fe_2O_3) - MgO$  (Kuno, 1968); b)  $CaO-Na_2O-K_2O$  (Dj. Grin va A. Poldervart, 1974)

2-jadval

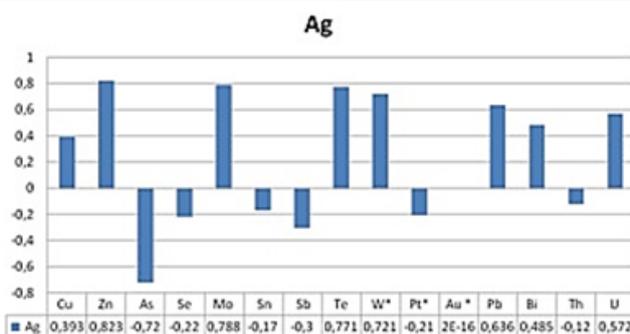
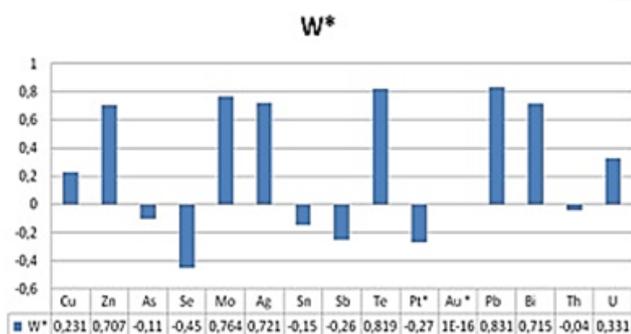
Oqmozor intruzivi magmatik jinslaridagi ma'danli elementlarning o'rtacha miqdori (g/t) va klark konsentratsiyasi

T/r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	O'rtacha miqdor	Elementlar klarki [13]	Klark konsentratsiyasi			
Nam.	Zd-6	Zd-8	Zd-9	Zd-10	Zd-60	Zd-103	Zd-104	Zd-108	Zd-111						
Cu	16,2	18,8	9,06	13,8	13,5	6,15	8,7	14,5	8,73	46	70	0,7			
Zn	34,5	62,6	59,1	31	60,6	14,6	38	93	21,4						
As	40,3	9,57	3,93	40,7	36,4	45,5	51	17,1	16,5						
Se	2,21	3,09	2,72	0,91	2,79	1,9	1,5	0,34	0,92						
Mo	2,82	2,78	2,02	2,98	2,62	1,53	1,8	4,58	2,87						
Ag	0,31	0,41	0,45	5,65	0,46	0,21	0,3	0,58	0,43						
Sn	5,89	3,89	8,39	1,37	10,8	5,61	15	4,6	12,2						
Sb	0,54	0,97	0,65	0,84	0,54	1,02	0,7	0,74	0,73						
Te	0,02	0,06	0,04	0,06	0,06	0,03	0,1	0,1	0,05						
W	0,65	0,47	0,85	4,61	13,1	1,32	1	19,9	3,05						
Pt	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0						
Au	Oltin miqdori 0,01 dan kam														
Pb	23,3	11,5	25,1	176	29,4	30,5	27	214	41,1				64,3	12,5	5,1
Bi	0,32	0,08	0,93	15,3	0,87	0,16	6,6	14,6	0,59				4,39	0,17	26
Th	10,9	11,8	20	2,59	24,6	18,7	11	7,17	9,94				13	9,6	1,4
U	1,54	6,58	4,09	1,47	5,36	2,18	3	4,4	2,57				3,47	2,7	1,3

3-jadval

Mass-spektrometr tahlili natijalari bo'yicha elementlarning korrelyatsiya koeffitsiyentlari

Element	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Sn	Sb	Te	W	Pt	Pb	Bi	Th	U
Cu		0,6	-0,3	0,3	0,6	0,4	-0,5	-0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,3	0,5
Zn	0,6		-0,5	0,0	0,7	0,8	-0,3	-0,2	0,8	0,7	0,0	0,7	0,6	-0,1	0,7
As	-0,3	-0,5		-0,1	-0,4	-0,7	0,4	-0,1	-0,3	-0,1	0,2	-0,2	0,0	0,1	-0,5
Se	0,3	0,0	-0,1		-0,5	-0,2	-0,2	0,0	-0,5	-0,5	0,8	-0,7	-0,7	0,7	0,4
Mo	0,6	0,7	-0,4	-0,5		0,8	-0,4	-0,2	0,8	0,8	-0,6	0,8	0,7	-0,5	0,3
Ag	0,4	0,8	-0,7	-0,2	0,8		-0,2	-0,3	0,8	0,7	-0,2	0,6	0,5	-0,1	0,6
Sn	-0,5	-0,3	0,4	-0,2	-0,4	-0,2		-0,4	0,0	-0,2	0,3	-0,3	0,0	0,1	-0,2
Sb	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,2	-0,3	-0,4		0,0	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,2
Te	0,3	0,8	-0,3	-0,5	0,8	0,8	0,0	0,0		0,8	-0,3	0,8	0,8	-0,4	0,5
W*	0,2	0,7	-0,1	-0,5	0,8	0,7	-0,2	-0,3	0,8		-0,3	0,8	0,7	-0,1	0,3
Pt*	0,1	0,0	0,2	0,8	-0,6	-0,2	0,3	-0,1	-0,3	-0,3		-0,7	-0,5	0,7	0,5
Pb	0,1	0,7	-0,2	-0,7	0,8	0,6	-0,3	0,0	0,8	0,8	-0,7		0,9	-0,5	0,1
Bi	0,1	0,6	0,0	-0,7	0,7	0,5	0,0	-0,1	0,8	0,7	-0,5	0,9		-0,5	0,1
Th	-0,3	-0,1	0,1	0,7	-0,5	-0,1	0,1	-0,1	-0,4	-0,1	0,7	-0,5	-0,5		0,2
U	0,5	0,7	-0,5	0,4	0,3	0,6	-0,2	0,2	0,5	0,3	0,5	0,1	0,1	0,2	



4-rasm. W, Ag, Te elementlarning ma'danli elementlar bilan korrelyatsiya gistogrammalari

Oqmozor intruzivining geokimyoviy xususiyatlarini o'rganish maqsadida, intruziv jinslaridan olingan namunalar mass-spektrometr (ICP-MS) tahlili yordamida o'rganildi (2-jadval).

Tahlil natijalariga ko'ra ma'danli elementlar o'rtacha miqdori quyidagicha (g / t): Cu - 12,15; Zn - 46,04; As - 28,974; Se - 1,82; Mo - 2,67; Ag - 0,97; Sn - 7,56; Sb - 0,75; Te - 0,05; W - 4,99; Pt - 0,01; Au - 0,01; Pb - 64,28; Bi - 4,39. Ushbu o'rtacha miqdorlar elementlar klarki (Teylor, 1964) bilan solishtirildi va klark konsentratsiyasi ko'rsatkichi ahamiyatga ega bo'lgan elementlar selen (1,82), vismut (4,39), margumush (28,97), kumush (0,97), qo'rg'oshin (64,28), tellur (0,05), qalay

(7,56), volfram (4,99) va molibden (2,67) lardan iborat. Boshqa elementlar moqdorlari esa past. Oqmozor intruzivdan olingan tog' jinslarida ma'danli elementlarning tarqalishidagi o'zaro bog'liqligi aniqlandi (3-jadval). Xususan, quyidagi juftliklar uchun, alohida elementlarning o'zaro bog'liqliklari: a) volfram uchun – molibden, ruh, kumush, tellur, qo'rg'oshin (0,7-0,8); b) kumush uchun – ruh, molibden, tellur, volfram (0,7-0,9) va qo'rg'oshin (0,6); v) tellur uchun – ruh, kumush, volfram, qo'rg'oshin va vismut (0,8) mavjud (4-rasm). Natijalarga ko'ra Oqmozor intruzivi magmatik jinslarida oltin uchun qidiruv darakhchilari hisoblangan selen, vismut, margumush, kumush, tellurning klark konsentratsiyasi yuqoriligi aniqlandi. Olingan ma'lumotlar ushbu tog' jinsi asl metalli ma'danlashuvga istiqbolli ekanligidan dalolat beradi.

**Xulosa.** Ziyovuddin tog'laridagi Oqmozor intruzivi tog' jinslari ohak – ishqorli seriyaga mansub, hamda intruzivning asosiy fazasi tog' jinslari, ya'ni rogovaya obmanka-biotitli porfirsimon granit-granodioritlari ishqorlar yig'indisiga ko'ra normal va o'rta ishqorli qatorlarga to'g'ri kelgan bo'lsa, intruzivning qo'shimcha faza jinslari – leykokrat-biotitli granitlar o'rta ishqorli qatorga mansub. Granit va apilit daykalari esa, ishqorlar yig'indisiga ko'ra, magmatik tog' jinslarining normal ishqorli qatoriga oid. Ziyovuddin tog'lari Oqmozor intruzivi tog' jinslarida selen, vismut, margumush, kumush, tellur, molibdenlarning klark konsentratsiyasi yuqoriligi aniqlandi. Bu esa o'z navbatida ushbu hosilalar oltin va kumush ma'danlashuvi uchun istiqbolli ekanligidan dalolat beradi.

### Bibliografik ro'yxat:

1. Abdullayev X.M. Postmagmatik ma'danli konlarning intruziv tog' jinslari bilan genetik aloqasi / tez. dokl. yubeleynoy sessii AN UzSSR, posvsh. 25-letiyu UzSSR. – Tashkent, 1949. 78-80 b.
2. Abdullayev X.M. Markaziy Osiyoning magmatizmi va ma'danlashuvi. – Tashkent: AN UzSSR, 1960. – 147 b.
3. Hamrabayev I.H. G'arbiy O'zbekistonda magmatizm va postmagmatik jarayonlar. Tashkent: AN UzSSR nashriyoti, 1958. – 479 b.
4. Amirov E.M. Auminza tog'lari (Markaziy Qizilqum) intruziv komplekslarining petrologik-geokimyoviy xususiyatlari // geologiya va mineralogiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya avtoreferati. – Tashkent, 2020. – 46 b.
5. Karabayev M.S. Geokimyoviy ma'lumotlar oltin-nodir metallarning ma'danlashuvini bashoratlash va genetik masalalarni yechish uchun asos sifatida (Sharqiy Bukantov tog'lari) / Geologiya i mineralniye resursi. – № 3. – Tashkent, 2015. 15-20 b.
6. Yevfimenco I.M., Petrov V.M. G'arbiy O'zbekistondagi Zirabuloq-Ziyovuddin tog'larining magmatizmi va metallogeniasining asosiy xususiyatlari. Foydali qazilmalarni joylashuv qonuniyatlari. – № 5. – M.: 1962. 229-250 b.
7. Izox E.P., Yudalevich Z.A. i dr. G'arbiy O'zbekistondagi granitoidlarning formatsion tahlillari. Novosibirsk: Nauka nashriyoti, 1975. – 518 b.
8. Korsakov V.S. Zirabuloq – Ziyovuddin tog'larida vulqon tog' jinslarining tarqalishi. O'zbekistonda paleovulkanizm masalalari. – Tashkent, 1968. – 131-135 b.
9. Qo'shmurodov O.Q. tahriri ostida. O'zbekistonning magmatik fatsiya va formatsiyalari. – Tashkent: Fan, 1977. – 336 b.
10. Hamrabayev I.H. tahriri ostida. O'zbekistonning intruziv massivlarining katalogi. 2-qism. – Tashkent: Fan, 1975. – 431 b.
11. Hamrabayev I.H. tahriri ostida. O'zbekistonning petrografiyasi. 2-qism. – Tashkent: Nauka, 1965. – 660 b.
12. Sharpenok L.N., Kostin A.Y., Kuxarenko Y.A. Plutonik jinslarning diagnostikasi va kimyoviy tasnifi uchun ishqorlar – kremniy oksidining TAS diagrammasi // Region geologiya i metallogeniya. 2013. 56-son. 40-50 b.
13. Taylor S.R. Kontinental qobiqda kimyoviy elementlarning yuqoriligi. Geochemical and cosmochemical events. 1964. – № 28, 2273-2285 b.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
НАВОЙСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

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

## МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЛИ СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕР ТУЗКУДУК И САЙЛЯКУДУК В ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМАХ



**Шарипов Ш.Ф.**,  
докторант Навоийского отделения  
АН Республики Узбекистан



**Мирзаев А.У.**,  
председатель Навоийского отделения  
АН Республики Узбекистан  
д.г.-м.н., профессор

*Ushbu maqolada Markaziy Qizilqumning tuzli ko'llari to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan, hududning o'rganilganlik tarixi va sharhli xaritasi tavsiflangan. Tuzkuduk va Saylakuduk ko'llarining geologik qirqimlari va kosmik strukturaviy sxemalari hamda ushbu ko'llari suvining kimyoviy tahlil natijalari keltirilgan. Hududda qo'shimcha geologik qidiruv ishlari olib borish zarurligi asoslangan.*

**Tayanch iboralar:** Mineral tuzlar, kon, mineral, karbonat, xarita, geologik qirqim, geologik qidiruv ishlar, kimyoviy tahlil, Mutlaq balandlik.

*В материале приведена информация о соленосных озерах Центральных Кызылкумов, описана история изученности района и представлена обзорная карта территории. Представлены геологические разрезы и космоструктурные схемы озер Тузкудук и Сайлякудук. Проведен анализ химического состава вод озер Тузкудук и Сайлякудук. Обоснована необходимость проведения дополнительных геологоразведочных работ на данной территории.*

**Ключевые слова:** Минеральные соли, геологический разрез, геологоразведочные работы, геологическая карта, химический состав, Абсолютная высота.

Минеральные соли находят широкое применение в народном хозяйстве. Так, например, применение поваренной соли и ее продуктов находят место в 1500 производствах. Также широко применяются хлоридные, сульфатные, карбонатные, бикарбонатные и другие соли.

Минеральные соли – это породы, состоящие из водорастворимых минералов, выпадающих при испарении воды в открытых водоёмах (галогеенные эвапориты).

Месторождения ископаемых минеральных прошлых и современных солей отличаются многообразием химического состава, геологического строения и условиями образования.

На территории Центральных Кызылкумов, развита антропогенная галогеенная формация котловинного типа. Здесь установлены современные соленосные озера, Тузкудук и Сайлякудук, в которых происходит формирование природных минеральных солей.

Озера в разные годы были обследованы довольно многочисленными исследователями, в том числе Леоновым В. (1896), Ефимовым А.Д. (1928), Бергманом А.Г. (1935, 1946), Дзенс-Литовским А.И., Дружининой И.Г., Просоедовым И.К., Рабковой З.К. (1960), Рубановым И.В. (1960) и др.

В опубликованных и фондовых работах, имеются сведения по строению и химическому составу озера. Однако минеральный состав солей оставался неосвоенным [1-2].

*Минеральные соли озера Тузкудук.*

Вмещающими породами для озера Тузкудук являются эоценовые глины. Расположено озеро юго-восточнее гор Алтынтау в 40 км от села Айтым. Координаты его следующие: 42° 01' СШ и 63° 22' ВД. В 12 км к югу от «сухого» соленого озера Тузкудук проходит асфальтированная дорога Учкудук-Зарафшан в 20 км к югу от озера и в 6 км к западу от пос. Контай проходит железная дорога Учкудук-Зарафшан (рис. 1).

Озеро Тузкудук расположено в бессточной впадине, на юге сливающейся с примыкающей суглинисто-песчаной равниной, а на

севере ограниченной довольно крутым обрывистым склоном третичных глин и суглинисто-песчаных красноцветных пород. Площадь озера около 3-4 км<sup>2</sup>. В период нашего посещения озеро было покрыто коркой галита, имевший мощность в юго-восточной части озера до 15 см. Под коркой соли имелась рапа, ниже – ил мощностью до 40-50 см, а еще ниже – серый песок с гипсом [3-5].

Соляная корка, а также рапа более чем на 90% состоит из хлористого натрия.

В рапе озера Тузкудук обнаружено самое наибольшее по сравнению не только с озерами Центральных Кызылкумов, но и с другими озерами Средней Азии, количество брома. Здесь его 852 мг/л. Судя по данным анализа самых различных, и в том числе нефтяных, вод Узбекистана и прилегающих районов, максимальное содержание его равно 735 мг/л отмечается для озера Султан-Санджар.

Космоструктурная схема о. Тузкудук приведена на рис. 2.

В геологическом строении описываемой площади участвуют породы палеозоя, мезозоя, кайнозоя. Четвертичные отложения слагают значительные площади межгорных долин и впадин. Вмещающими породами для озера Тузкудук являются эоценовые глины (рис. 3) [6, 7].

*Палеозойские отложения.* Породами палеозойского возраста сложено ядро Тамдыкудукской брахиантиклинали. Толща пород этого возраста представлена сланцами, песчаниками, кварцитами, серовато-зелеными гнейсами.

*Мезозой. Верхний мел. Сенومان.* Отложения сеномана обнажаются в крыле Тамдыкудукской брахиантиклинали. Они лежат несогласно на размытой поверхности палеозоя. Это пестро цветные гравелиты, песчаники, алевролиты, глины, мощность от 30 до 70 м.

*Туран. Нижний подъярус.* Нижнетуранские отложения развиты в центральной части площади на крыльях Тамдыкудукской брахиантиклинали и представлены переслаивающимся зеленовато-серыми и сырыми глинами, алевролитами, и песчаниками общей мощностью до 100 м. На осадках сеномана эти отложения залегают согласно.

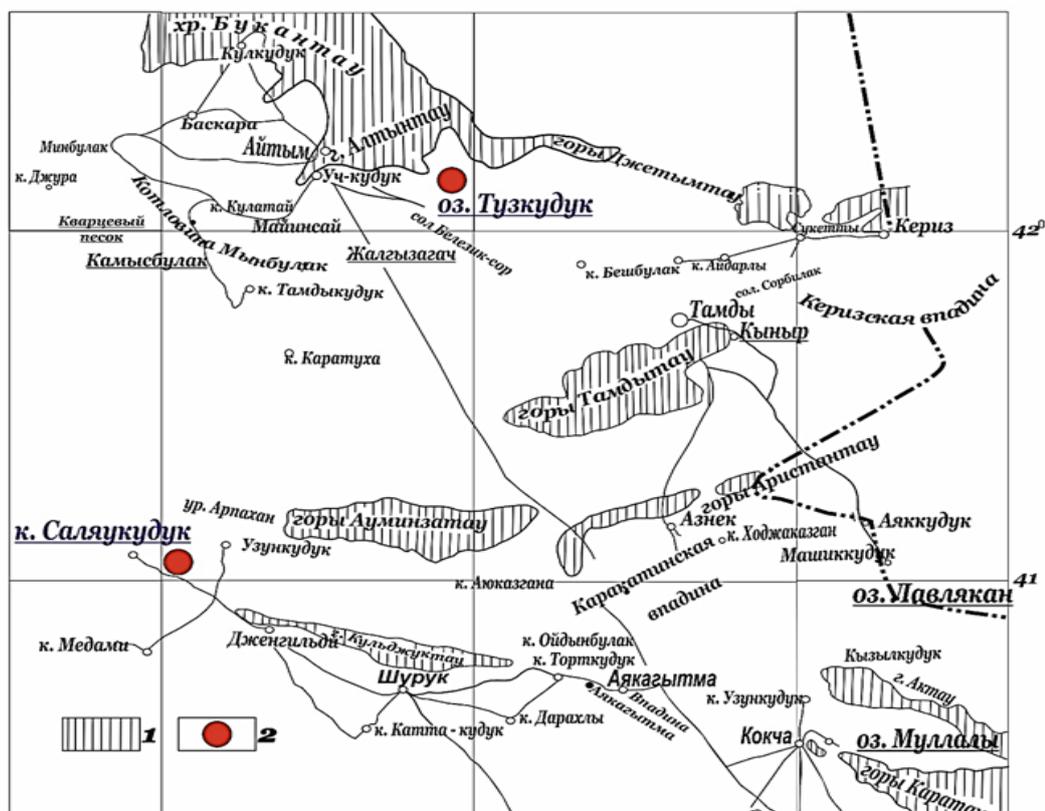


Рис. 1. Обзорная карта озера Тузкудук и Сайлякудук (по И.В.Рубанову): 1 – выходы палеозоя; 2 – соленые озера (подчеркнуты)

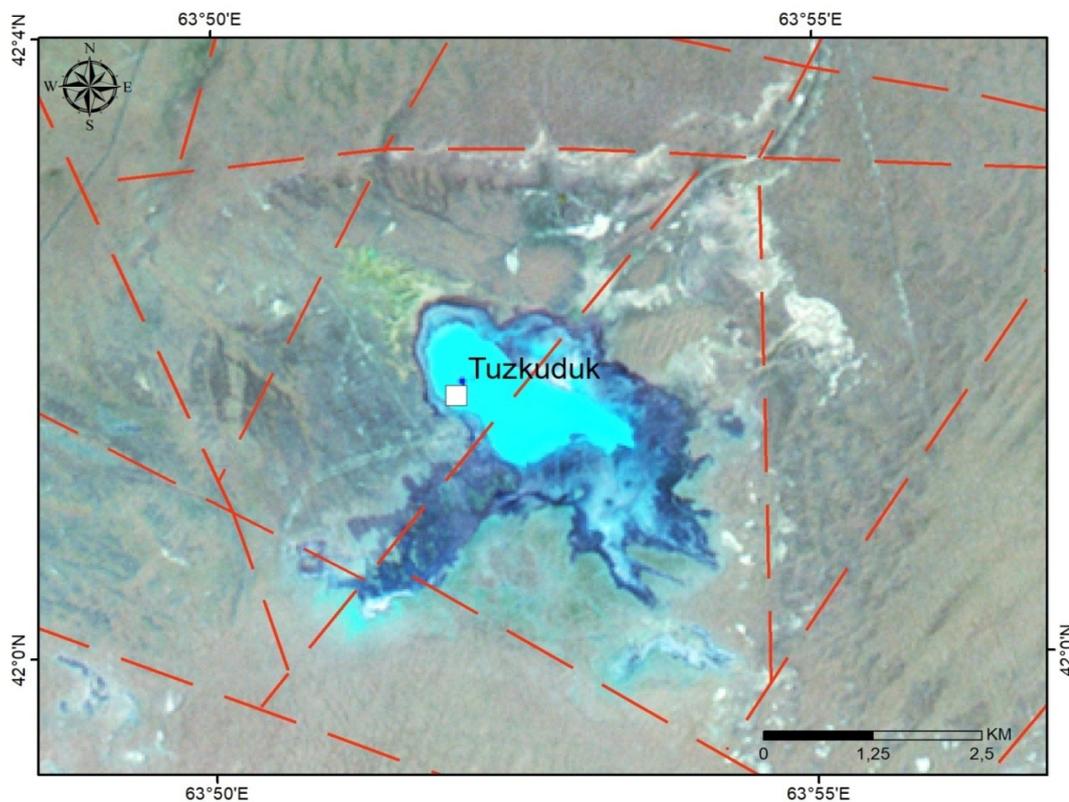
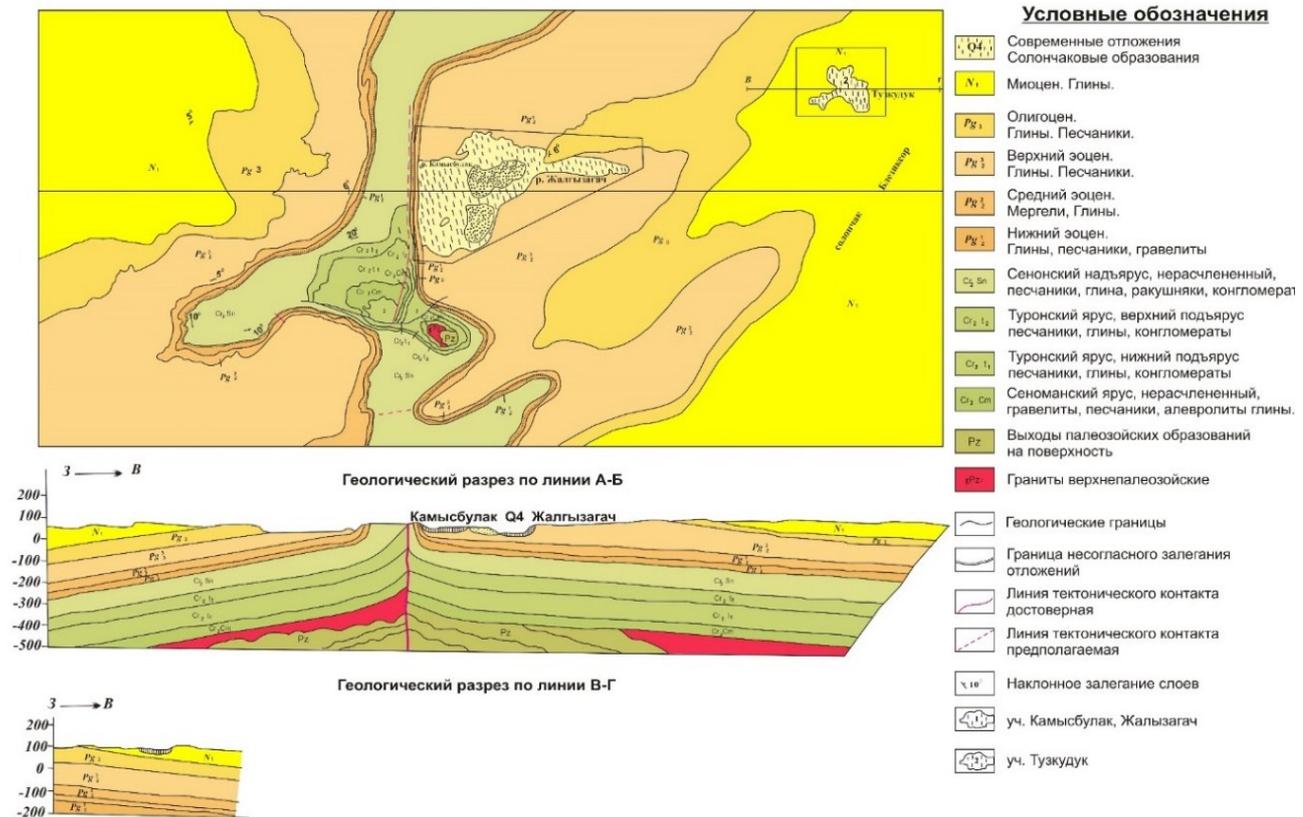


Рис. 2. Космоструктурная схема участка оз. Тузкудук (в масштабе 1:50 000)



**Рис. 3.** Схематическая геологическая карта доплиоцен-древнечетвертичных отложений части-площади оз. Тузкудук в Центральных Кызылкумах

**Верхний подъярус.** Верхнетуронские отложения залегают на нижнетуронских породах и представлены прибрежно-морскими осадками – пестроцветными породами – песчаниками, глинами, конгломератами общей мощностью до 60 м.

**Кайнозой. Палеоген. Нижний эоцен.** Отложения раннеэоценового возраста обрамляют западное крыло Джаманкумской синклинали, западное крыло.

Тамдыкудукской брахиантиклинали, с разрывом залегают на разных горизонтах сенонских образований. Разрез представлен бентонитовыми и бентонитоподобными глинами, песчаниками, Общая мощность до 20 м.

**Средний эоцен.** Отложения данного возраста с разрывом залегают на разных горизонтах раннеэоценовых образований и согласно перекрываются верхнеэоценовыми породами, разрез отложений среднего эоцена подразделяется на две пачки: нижнюю – мергелистую и верхнюю – гидрослюдо-глинистую. Нижняя представлена серыми мергелями. Мощность нижней пачки 30 м.

Минеральный состав солей простой. Галит составляет более 90%. Присутствуют примеси гипса и ила.

В составе рапы преобладают хлор и натрий, отмечено высокое содержание брома, равное 0,852 г/л.

Илы состоят из водорастворимой части (30,88%), растворимых в соляной кислоте минералов (28,92) и силикатного остова. Хлористого натрия содержится 6,86%, сульфата кальция – более 15%, а карбонатов кальция и магния более 16%.

В результате применения методов тематических обработок космических снимков, такие как трансформация ITS (интенсивность, тон, насыщенность), фильтрация, сегментация, классификация, создание новых каналов для каждого участка исследования показало максимальное соленакопление соответствует к зонам отраженным зеленым цветом (рис. 4) [7-10].

**Таблица 1**  
Содержание йода, брома и бора в рапе соляных озер оз. Тузкудук

№	№ Обр.	J			Br			B			Место взятия
		мг/л			мг/л			мг/л			
1.	1/08	0,2	699,4	1,7							Оз. Тузкудук
2.	2/09	0,5	525,7	2,1							
3.	3/10	0,3	822,4	1,8							
4.	4/11	0,3	782,3	1,2							
5.	5/12	0,5	852,0	2,2							

**Таблица 2**  
Химический состав водорастворимых солей оз. Тузкудук

№	№ обр.	Место взятия	Определение образца	Нераствор. остаток	H <sub>2</sub> O	Cl		SO <sub>4</sub>		Na		K		Ca		Mg		Сумма, %
						г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	
1.	2/07	оз. Тузкудук	Галит	5,98	1,62	53,19	1499,95	3,70	77,03	34,89	1518,00	следы	0,72	35,99	0,28	22,99	100,29	
2.	2/08		Галит	5,82	1,59	53,22	1501,02	3,78	77,05	34,82	1502,01	следы	0,71	35,81	0,28	22,82	100,22	
3.	2/09		Галит	5,95	1,62	52,08	1489,89	3,72	76,92	33,78	1499,01	следы	0,72	35,82	0,29	21,80	98,16	
4.	2/10		Галит	5,78	1,58	53,20	1497,82	3,71	76,98	34,93	1492,08	следы	0,68	34,93	0,26	22,32	100,14	

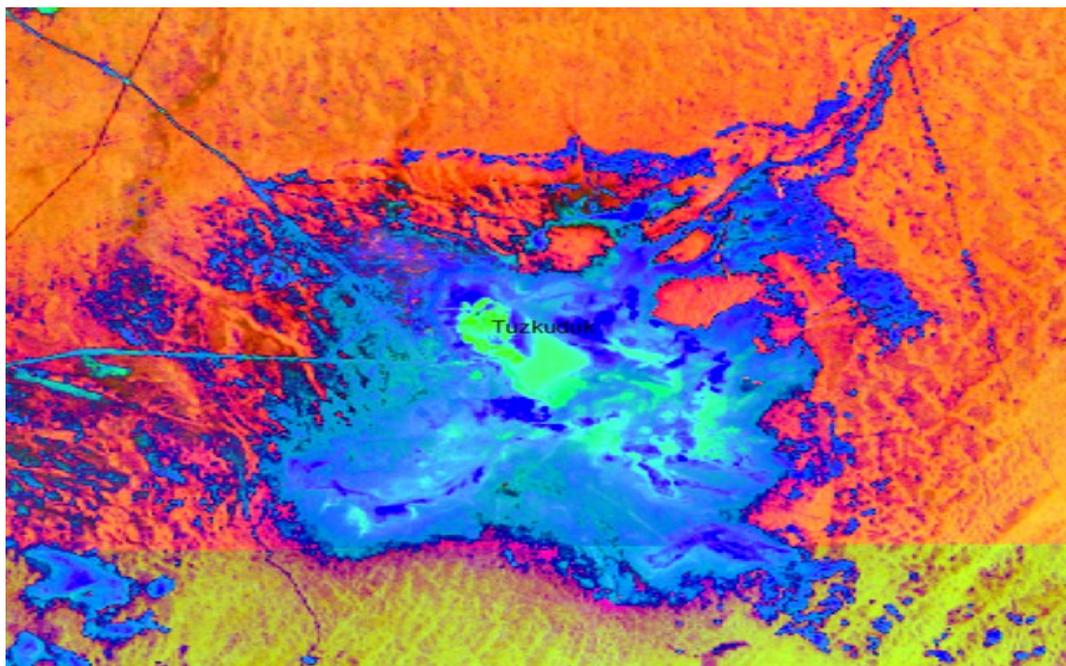


Рис. 4. Результат обработки методом ITS (участок оз. Тузкудук)

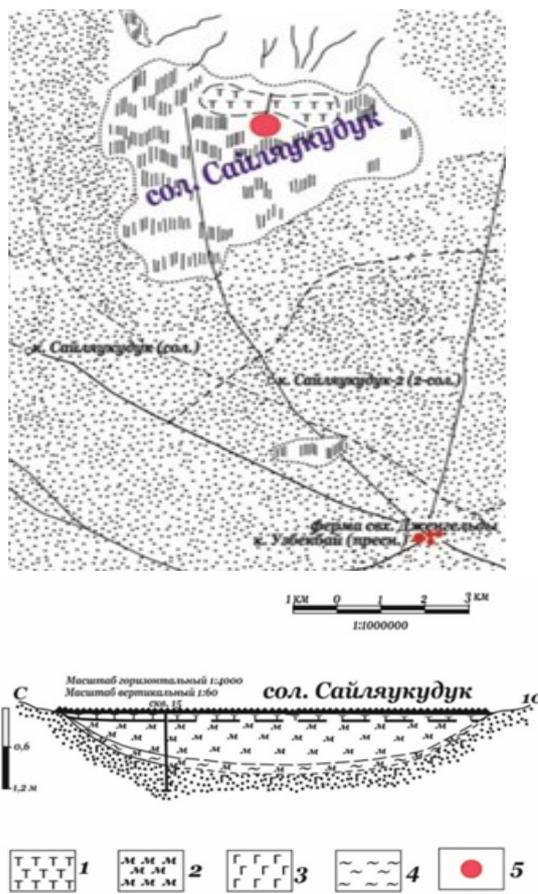


Рис. 5. Схема расположения и строения месторождений сульфата натрия на солончаке Сайлякудук (по Рубанову И.В.): 1 – тенардит (пушонка); 2 – мирабилит; 3 – гипс; 4 – илы; 5 – точки наблюдения

Минеральные соли месторождения Сайлякудук. Месторождение расположено в 50 км северо-западнее Дженгельды (западное окончание гор Кульджуктау (рис. 1). Трудным участком для проезда на автомашине является участок сыпучих песков шириной в 10-15 км, расположенный между колодцем чирля и населенным пунктом Дженгельды. Координаты месторождения: 41° 07' СШ и 62° 56' ВД.

В литературе какие-либо сведения о данном соленакоплении отсутствуют. Месторождение расположено в небольшой (4x4 км) пологой на западе, юге и востоке, но крутой на севере, впадине, выработанной в палеогеновых породах и в частности в эоценовых глинах. Дно впадины углублено на 20-30 м относительно южных склонов и более чем на 100 м – относительно северных и северо-восточных и покрыто засоленным песчано-гравийным материалом со значительной примесью гипсового песка и гипсовой муки. Последняя местами имеет мощность 15-20 см. Абсолютная отметка дна впадины равна 149 м. В отличие от других месторождений, здесь рапа отсутствует. Разрез соляного пласта в юго-западной части залежи (рис. 5). Химический анализ сахаровидного мирабилита показал (табл. 3), что нерастворимый остаток в нем составляет 2,78%, воды – 47,82%, а сульфата натрия – 48,03%. Сумма остальных примесей (хлора, кальция и магния) не превышает 1,5%.

Соленакопление хлоридно-натриевого состава скорее всего связано с переотложением этих солей из эоценовых глин, имеющих морское происхождение и, следовательно, обогащенных хлористым натрием. Образование месторождений сульфата натрия, вероятно, связано с многовековой деятельностью человека, длительное время уводившего из естественного рассола хлор-натриевого состава хлор и натрий и, соответственно, обогащавшего сульфатом остаточный рассол рапы.

В районе соляного озера Сайлякудук расположены многочисленные шоры. К западу от сов. Дженгелды расположено несколько пологих впадин, дно которых покрыто слабозасоленным мелкозернистым и гравийно-песчаным материалом. Чаще дно впадин представляет пухлый (засоленный) такыр. На некоторых

Таблица 3

Химический состав водорастворимых солей месторождения Сайлякудук

№	№ обр.	Место взятия	Опред. образца	Нераствор. остаток	H <sub>2</sub> O	Cl		SO <sub>4</sub>		Na		K		Ca		Mg		Сумма, %
						г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	г/%	г/экв	
1.	2/11	м. Сайлякудук	Мирабилит	2,78	47,82	0,42	11,99	33,08	688,15	15,22	662,16	следы	0,60	29,99	0,09	7,99	100,01	
2.	2/12		Мирабилит	2,62	48,68	0,41	10,84	32,07	674,05	16,80	692,44	следы	0,58	29,44	0,08	6,85	101,24	
3.	2/13		Мирабилит	1,99	48,80	0,44	12,04	34,04	692,05	14,05	651,11	следы	0,59	28,42	0,08	6,85	99,99	
4.	2/14		Мирабилит	2,81	47,58	0,41	10,84	29,22	634,13	14,28	652,05	следы	0,57	28,41	0,09	7,99	94,96	

шорах отмечается повышенное количество гипсового материала гипсовый песок.

В структурном отношении Озеро Сайлякудук расположено в параллельной линейной зоне вытянутых в юго-западном направлении, характеризующееся изменением рельефа, представляющую собой предгорную равнину на севере, крутыми впадинами в южном продолжении равнины (рис. 6).

Сульфатные месторождения Сайлякудук содержат соответственно около 1 млн т и 0,5 млн т мирабилита. Наибольшее содержание брома отмечается для рапы озера Тузкудук его здесь 852 мг/л, что составит запасы его в рапе озера около 800 т.

Космодешифрированием установлены многочисленные разломы в пределах соляных озер, формирующихся как отдельные структуры и прослеженные в продолжениях в пределах горных возвышенностей.

С применением разных методов обработки картографированы потенциальные места накопления соляных месторождений и их границы, а также засоленность почв.

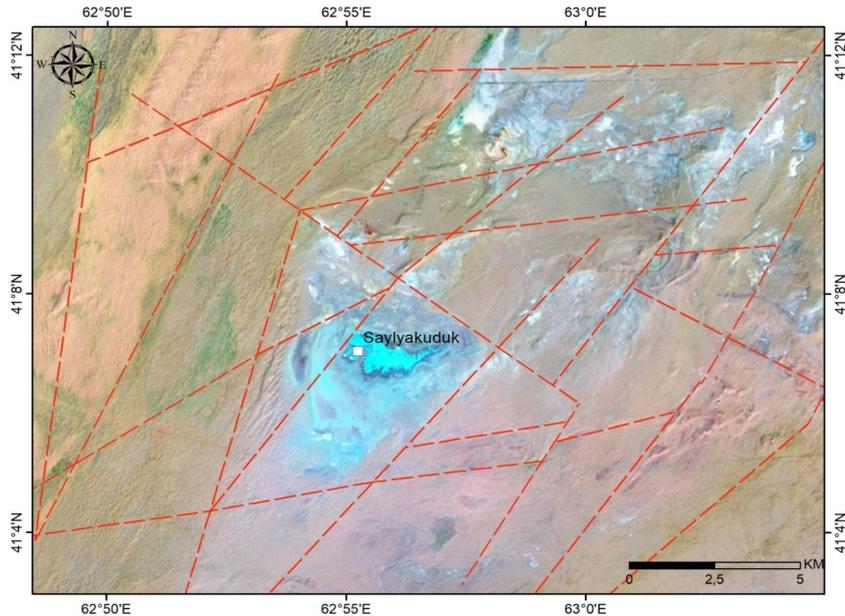


Рис. 6. Космоструктурная схема участка оз. Сайлякудук (масштаба 1:100 000)

Библиографический список:

1. Бергман А.Г. Краткие сведения о соляных озерах Муллалы, Алеули, Агитма, Чингильды, Султан-Санджар, Ходжалы-Саят, Денгиз-Куль // месторождения, геологическое строение, состав рапы, ориентировочные запасы солей, описание соляных куполов. – Ташкент 1934. – С. 55-61.
2. Бедер Б.А. Результаты рекогносцировочного обследования соляных озер Тускан, Мулалы и др. УзССР и КазССР. – Ташкент, 1946. – С. 35-42.
3. Рубанов И.В. Современные солевые отложения Центральных Кызылкумов, 1961 г. – 71 с.
4. Рубанов И.В. Неоген-антропогенные сульфатноносные образования. В кн. Послепалеозойские отложения Узбекистана. Изд-во: «Фан», УзССР. – Ташкент, 1973 г. – С. 33-38.
5. Бедер Б.А. К вопросу об изучении минеральных вод и соляных озер Узбекистана // Материал по гидрогеологии и инженерной геологии УзССР. – Вып.1. Комитет наук УзССР. – Ташкент, 1935. – 450 с.
6. Дзенс-Литовский А.К. Почва окрестностей озера Мулалы, 1934. – 280 с.
7. Мирзаев А.У., Плещенко И.В. Минеральные соли современных озер Центральных Кызылкумов // Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении. Материалы научно-практической конференции, 2017 г. – С. 314-318.
8. Рубанов И.В. и др. Хлор-магниево-растворы (бишофит) Лявляканских озер Кызылкумов – лечебное полезное ископаемое. Узбекский геологический журнал. – № 5, 1991 г. – С. 23-28.
9. Златопольский А.А. Мультимасштабный анализ ориентации текстуры поверхности Земли. Особые масштабы. Третья часть. Иерархия долин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Т. 14. 2017. – № 5. – С. 37-46.
10. Нурходжаев А.К., Тогаев И.С., Шамсиев Р.З. Методическое руководство по составлению космогеологической карты Республики Узбекистан на основе цифровых космоснимков. – Т.: ГП «ИМП», 2017. – 200 с.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ САРМИЧ



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



**Мустакимов О.М.**,  
директор по технологиям  
АО «НГМК», PhD



**Ткаченко Е.С.**,  
зам. начальника технологического  
отдела АО «НГМК»

*Maqolada Sarmich konining oltin saqlovchi rudalarining moddiy tarkibi va texnologik xossalarini o'rganish natijalari ko'rib chiqiladi. Rudalarning kontsentratsiyasini gravitatsiya va flotatsiya usullari bilan o'rganish natijalari, shuningdek, boyitish mahsulotlarini siyanlash natijalari keltirilgan. Rudani qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqishda qo'llaniladigan asosiy texnologik echimlar ko'rsatilgan.*

**Tayanch iboralar:** Sarmich koni, mineral tarkibi, gravitatsiyaviy ajratish, flotatsiya, sorbsion siyanidlash, rudani qayta ishlash texnologiyasi.

*V статье рассмотрены результаты исследований вещественного состава и технологических свойств золотосодержащих руд месторождения Сармич. Приведены результаты изучения обогатимости руд гравитационным и флотационным методами, а также результаты цианирования продуктов обогащения. Показаны основные технологические решения, использованные при разработке технологии переработки руд.*

**Ключевые слова:** месторождение Сармич, минеральный состав, гравитационное обогащение, флотация, сорбционное цианирование, технология переработки руд.

Создание условий для наращивания объемов производства золота, а также обеспечение сырьевой базой перерабатывающих производств, в среднесрочной перспективе, требует вовлечения в отработку руд новых месторождений. В этой связи задачи по разработке эффективных технологий их переработки, а также проектирования на их основе перерабатывающих производств, являются весьма актуальными.

Золоторудное месторождение Сармич открыто в 1968 г., административно находится на территории Навоийской области, в центральной части гор Каратау хребта Южный Нуратау.

Объектом исследований в данной работе является технологическая проба первичных руд участков «Сармич-I», «Сармич-II», Северный месторождения Сармич, сформированная из рудных интервалов ядра колонкового бурения скважин на данных участках.

### Вещественный состав

По результатам проведенных аналитических исследований (пробирного, спектрального, химического и рационального анализа) пробы, установлено, что матрица исходной руды по содержанию породообразующих и рудообразующих элементов представляет собой следующую геохимическую систему:  $\text{SiO}_2(68,2\%) > \text{Al}_2\text{O}_3$

$(10,9\%) > \text{Fe}_2\text{O}_3(2,43) > \text{FeO}(2,06\%) > \text{CaO}(2,20\%) > \text{Na}_2\text{O}(2,00\%) > \text{K}_2\text{O}(1,70\%) > \text{As}(1,6\%) > \text{MgO}(1,40\%) > \text{P}_2\text{O}_5(1,3\%) > \text{Ss}(1,2\%) > \text{TiO}_2(0,5\%) > \text{C}_{\text{орг.}}(0,37\%) > \text{MnO}(0,08\%)$

Среднее содержание золота составило 4,55 г/т, серебра – 6,3 г/т. Результаты рационального анализа форм нахождения золота представлены в табл. 1.

Минеральный состав руд месторождения Сармич (табл. 2) относительно прост. Рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, галенитом, золотом, реже встречаются пирротин, халькопирит, марказит, блеклая руда, теллуриды золота и серебра, серебро самородное и сульфосоли серебра. Среди нерудных минералов преобладают кварц и кальцит, значительно реже встречаются альбит, хлорит, серицит.

Материал пробы относится к первичным рудам, вследствие интенсивной сульфидной минерализации, наличия углистого вещества, являющихся признаками первичных сульфидных руд, а также из-за незначительного развития окислов, гидроокислов железа и гипса, являющихся продуктами окисления и разрушения первичных сульфидных минералов. Однако основная часть золота (более 90%) не связана с сульфидными минералами – доля цианируемого золота составляет 93,0-93,5%.

Результаты рационального анализа пробы исходной руды

Таблица 1

№	Формы нахождения золота и характер его связи с рудными компонентами	Распределение золота	
		г/т	%
1.	Свободное и в виде сростков (цианируемое)	4,25	93,4
2.	Цианируемое после обработки NaOH (покрытое пленками)	0,11	2,4
3.	Цианируемое после обработки HCl (связанное с оксидами, гидроксидами железа, карбонатами, хлоритами)	0	0
4.	Извлекаемое цианированием после обработки HNO <sub>3</sub> (ассоциированное с сульфидами)	0,10	2,20
5.	Извлекаемое цианированием после окислительного обжига (ассоциированное с углеродистым веществом)	0,03	0,70
6.	Тонковкрапленное в породообразующие минералы	0,06	1,30
Итого: в исходной пробе		4,55	100,0

Микроскопические исследования шлифов образцов руды, проведенные в ЦНИЛ АО «НГМК», показали наличие видимого самородного свободного золота, размерами от первых микрон до 164 мкм (рис. 1, 2). Количество золота со средним сечением более 50 мкм составляет ~ 50% от объема всего обнаруженного золота (размерами более 40 мкм – около 70%). Указанные данные по размерности золота определяют эффективность гравитационного обогащения.

По характеру нахождения и ассоциации самородное золото представлено в трех основных формах:

- в свободном виде 90-95% (рис. 3, 4);
- в сростании с сульфидами ~5% (рис. 5, 6);
- ассоциированное с породой 0-5% (рис. 7, 8).

*Гравитационное обогащение.*

Исследования по гравитационному обогащению проводились с использованием центробежного концентратора Knelson CMD-3, при этом определялось влияние крупности измельчения руды на извлечение золота в концентрат (рис. 9)

Так, при проведении серии лабораторных тестов установлено, что при крупности измельчения 50% кл. -74 мкм в концентрат извлекается 52% золота, при крупности измельчения 65% кл. -74 мкм – 68%, а при измельчении до 80% кл. -74 мкм извлечение составляет 76,8%. Дальнейшее снижение крупности не приводит к существенному приросту извлечения, и оптимальной крупностью измельчения принимается 80% класса минус 74 мкм.

При гравитационном обогащении в оптимальных режимах, извлечение золота в гравиконцентрат составило 76,81...77,20%, при среднем выходе концентрата 3,84% и содержании золота 89,56-93,36 г/т. При этом, содержание золота в хвостах гравитации составляет 1,08-1,10 г/т.

Таблица 2  
Минеральный состав пробы первичной руды месторождения «Сармич»

Минералы	Содержание, %
Кварц	~50-55
Алюмосиликаты:	~30-35
– полевые шпаты	~10-15
– глинистые минералы, слюды и гидрослюды	~20-25
Карбонаты: доломит, кальцит.	~5,0
Сульфаты: гипс, ярозит, барит.	~2,0
Окислы и гидроокислы железа (гётит, гидрогётит и др.)	~1,0
Угlistое вещество	~0,37
Сульфиды, сульфоарсениды и арсениды:	~4,3
– пирит	~1,1ск
– арсенопирит и лелингит	~3,0
– галенит, халькопирит, сфалерит, пирротин, халькозин и др.	0,2
Самородное золото, теллурид золота	Редкие знаки

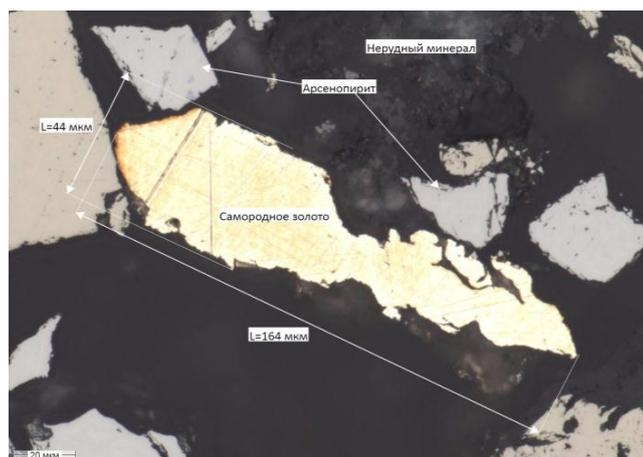


Рис. 1. Свободное зерно самородного золота (44x164 мкм) вытянутой формы



Рис. 2. Крупное зерно самородного золота (116x159 мкм) вытянутой формы



Рис. 3. Свободное зерно самородного золота (37x126 мкм) удлинённой формы

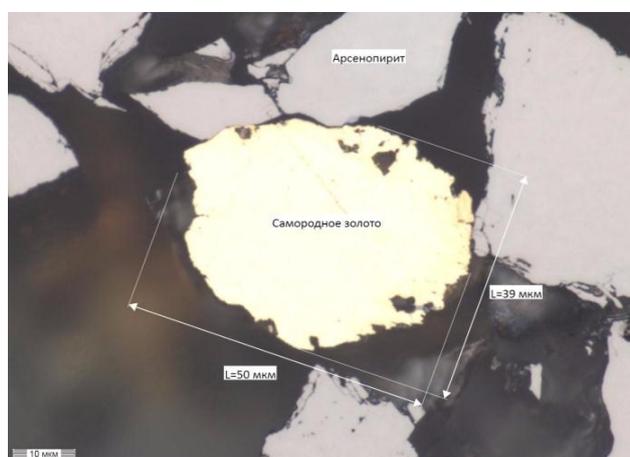


Рис. 4. Свободное зерно самородного золота (39x50 мкм) вытянутой формы

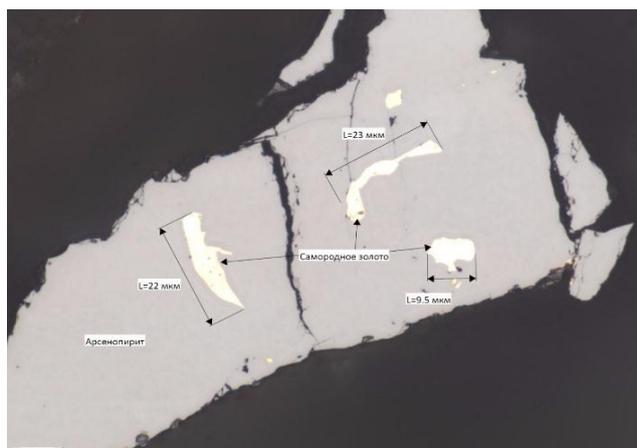


Рис. 5. Зёрна самородного золота разной формы в закрытом сростании в арсенопирите

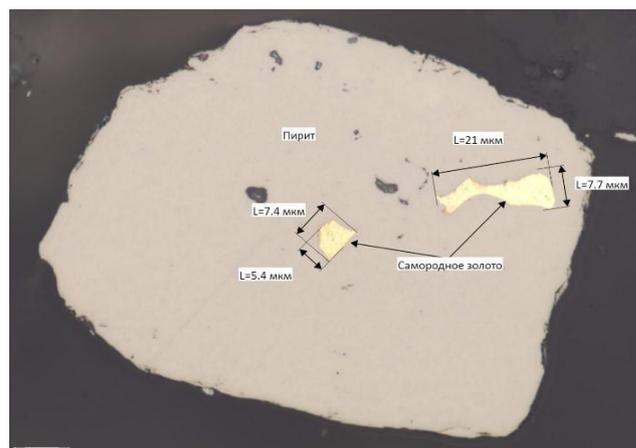


Рис. 6. Зёрна самородного золота (5,4x7,4 и 7,7x21 мкм) разной формы в закрытом сростании в пирите

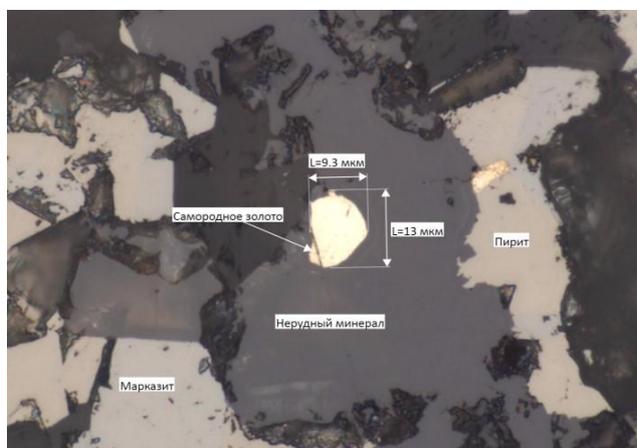


Рис. 7. Зерна самородного золота (9,3x13 мкм) в нерудном минерале



Рис. 8. Зерна самородного золота различной крупности в нерудном минерале

### Флотационное обогащение.

Исследования по флотационному обогащению проводились на исходной руде и на хвостах гравитационного обогащения.

Первоначально опыты проводились в открытом цикле с целью определения оптимальных параметров ведения процесса: крупности измельчения, удельных расходов собирателя (БКК) и вспенивателя (Т-92), продолжительности флотации.

Также проверялась эффективность использования в процессе кальцинированной соды – регулятора среды, масла И-20 – аполяющего собирателя, а также медного купороса – активатора сульфидных минералов.

В результате проведенных опытов был определен оптимальный реагентный режим, а также схема флотации:

Агитация: крупность измельчения 80% кл. -74 мкм,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -1000 г/т, И-20 – 60 г/т;

1-я основная флотация – 10 мин.; БКК – 140 г/т; Т-92 – 80 г/т,  $\text{CuSO}_4$  – 100 г/т;

2-я основная флотация – 20 мин.; БКК – 70 г/т; Т-92 – 30 г/т;

Контрольная флотация – 15 мин.; БКК – 30 г/т; Т-92 – 10 г/т.

Результаты флотационного обогащения исходной руды и хвостов гравитации в оптимальных режимах по схеме непрерывного процесса представлены в табл. 3,4.

Таким образом, извлечение золота при флотационном обогащении исходной руды составляет 93,7%, при выходе концентрата

13,8% и содержании золота в хвостах 0,33 г/т; при флотации хвостов гравитации в концентрат извлекается 79,1% золота, при выходе концентрата 8,7% и содержании золота в хвостах 0,25 г/т.

### Цианирование руды и продуктов обогащения.

На следующем этапе исследований изучалось извлечение золота сорбционным цианированием продуктов гравитационного и флотационного обогащения, а также исходной руды, при этом определялись оптимальные режимы ведения процесса (продолжительность и концентрация  $\text{NaCN}$ ), при которых обеспечивается наибольшее извлечение золота. В качестве сорбента использовался активированный уголь.

Результаты сорбционного цианирования продуктов обогащения приведены в табл. 5.

### Обоснование технологических решений.

На основании проведенных исследований, при проектировании схемы переработки золотосодержащих руд «Сармич» целесообразно:

1. Включить в схему переработки операцию интенсивной гравитации с использованием центробежных концентраторов, в связи с наличием в рудах до 80% гравитационно извлекаемого золота.

2. Учитывая, что более половины количества золота в руде представлено золотиными средней крупности (более 50мкм), первичные гравикоцентраты интенсивной гравитации подвергать перешлифовке с получением «золотой головки», а хвосты перешлифовки подвергать интенсивному цианированию. Данный прием позволит



Рис. 9. Зависимость извлечения золота в концентрат от крупности измельчения

Таблица 3

Результаты флотационного обогащения исходной руды

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание				Извлечение, %			
		Au, г/т	Ag, г/т	S <sub>s</sub> , %	C <sub>орг</sub> , %	Au	Ag	S <sub>s</sub>	C <sub>орг</sub>
Концентрат 1	7,70	52,50	72,80	9,40	2,20	89,02	88,09	58,27	41,84
Концентрат 2	4,10	4,40	7,00	6,00	1,10	3,97	4,51	19,80	11,14
Концентрат 3	2,00	1,70	6,30	5,00	0,90	0,75	1,98	8,05	4,45
Общий концентрат	13,80	30,85	43,61	7,75	1,68	93,74	94,58	86,12	57,42
Хвосты	86,20	0,33	0,40	0,20	0,20	6,26	5,42	13,88	42,58
Руда	100,00	4,54	6,36	1,24	0,40	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблица 4

Результаты флотационного обогащения хвостов гравитации

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание				Извлечение, %			
		Au, г/т	Ag, г/т	S <sub>s</sub> , %	C <sub>орг</sub> , %	Au	Ag	S <sub>s</sub>	C <sub>орг</sub>
Концентрат 1	3,90	18,00	67,00	11,00	2,70	64,34	70,99	48,63	29,48
Концентрат 2	3,20	4,00	12,50	8,00	1,60	11,73	10,87	29,02	14,34
Концентрат 3	1,65	2,00	7,30	2,00	1,10	3,02	3,27	3,74	5,08
Общий концентрат	8,75	9,86	35,81	8,21	2,00	79,09	85,13	81,38	48,90
Хвосты	91,25	0,25	0,60	0,18	0,20	20,91	14,87	18,62	51,10
Руда	100,00	1,09	3,68	0,88	0,36	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблица 5

Результаты сорбционного цианирования продуктов обогащения

Наименование продукта	Продолжительность сорбционного цианирования, ч	Концентрация NaCN, мг/л	Содержание Au, г/т		Извлечение, %
			Исх.	Хвост	
Исходная руда	18	500	4,55	0,59	87,0
Хвосты интенсивной гравитации	18	500	1,1	0,3	72,7
Гравикоцентрат интенсивной гравитации	24	3000	103,5	2,15	97,9
Флотоконцентрат обогащения исходной руды	48	3000	41,4	2,23	94,6
Флотоконцентрат флотации хвостов гравитации	48	1000	18,0	2,14	88,1
Хвосты флотации исходной руды	28	1000	0,33	0,1	69,7
Хвосты флотации хвостов гравитации	18	500	0,25	0,1	60,0

снизить продолжительность выщелачивания и повысит глубину извлечения, за счет вывода крупного золота в отдельный конечный продукт.

3. Хвосты интенсивной гравитации подвергать сорбционному цианированию с использованием в качестве сорбента активированного угля.

4. Предусмотреть возможность флотационного обогащения хвостов гравитации для обеспечения гибкости технологического процесса при переработке руд переменного вещественного состава. При этом отвальные хвосты флотации направлять в хвостохранилище, а флотоконцентраты подвергать интенсивному сорбционному выщелачиванию. Данный прием позволит уменьшить эксплуа-

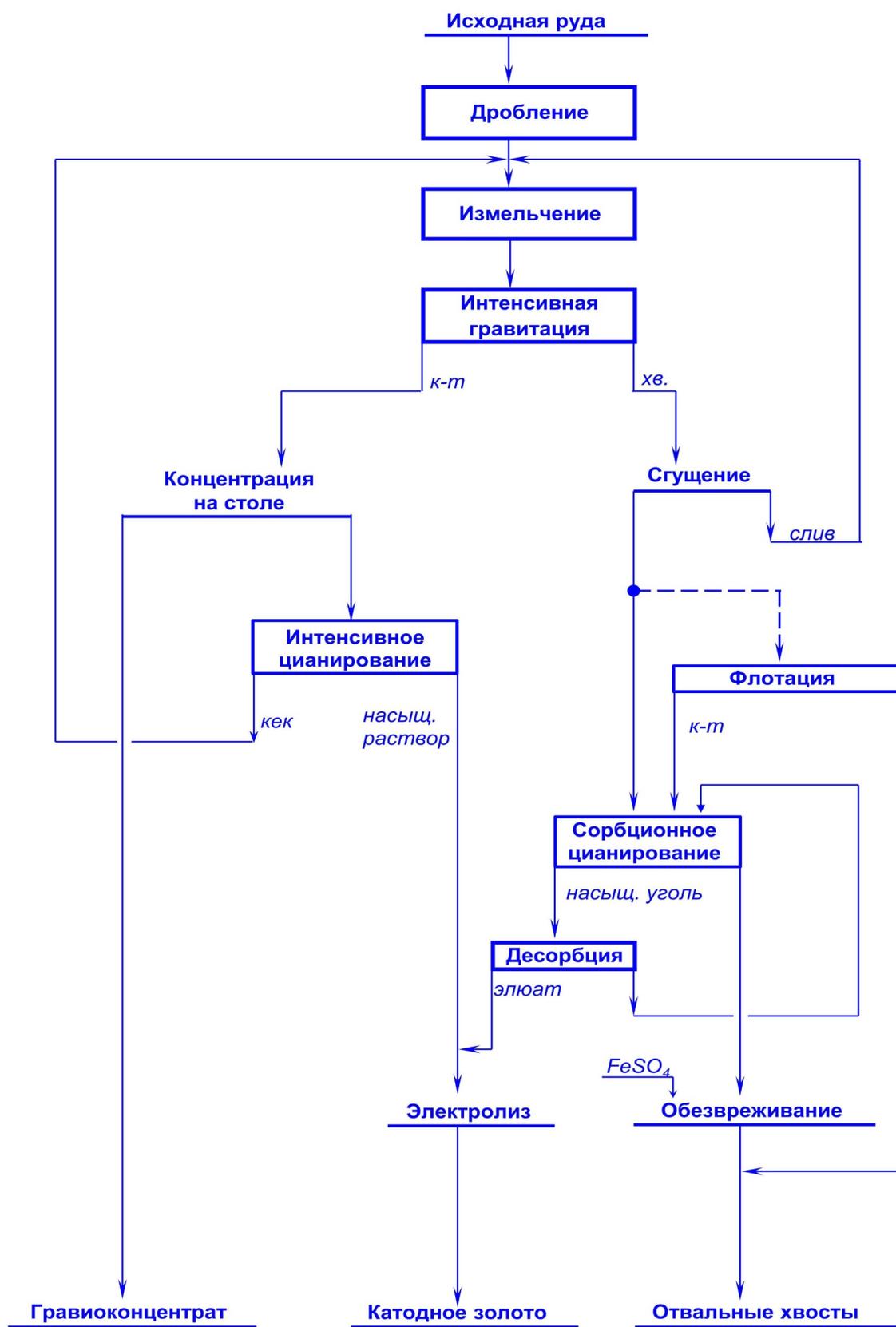


Рис. 10. Принципиальная технологическая схема переработки руд «Сармич»

тационные затраты в процессе сорбционного цианирования, а также повысить глубину извлечения золота при переработке руд повышенной упорности.

#### Технология переработки.

Результаты технологических исследований легли в основу разработки «Технологического регламента для проектирования комплекса по переработке руд месторождения Сармич». Принципиальная технологическая схема переработки приведена на рис. 10.

Переработка золотосодержащих руд месторождения Сармич предусматривается по гравитационно-сорбционной и гравитационно-флотационно-сорбционной технологиям, с возможностью гибкого переключения между схемами (в зависимости от вещественного состава перерабатываемых руд) и включает в себя следующие операции:

- двухстадиальное дробление руды до конечной крупности минус 15 мм с совмещенной операцией предварительного и контрольного грохочения во второй стадии дробления;
- одностадиальное измельчение дробленой руды в замкнутом цикле с гидроциклонированием;
- интенсивное гравитационное обогащение слива мельницы (основная операция) и слива гидроциклонирования (контрольная операция);
- перемычка первичных концентратов интенсивной гравитации на концентрационном столе с получением гравитоконцентрата («золотой головки»);
- интенсивное цианирование хвостов перемычки гравитоконцентратов (с доизмельчением);

– сгущение хвостов интенсивной гравитации с последующим сорбционным цианированием (или флотационным обогащением с сорбционным извлечением золота из флотоконцентратов) с использованием активированного угля;

- высокотемпературную десорбцию золота с насыщенного угля;
- электролитическое извлечение золота из элюатов десорбции и растворов интенсивного цианирования хвостов перемычки гравитоконцентратов с получением катодного золота;
- обезвреживание хвостов цианирования сульфатом железа или гипохлоритом кальция.

Схемы готовой продукцией являются: гравитоконцентрат («золотая головка») с содержанием золота не менее 25% и катодные осадки электролиза с содержанием золота не менее 60%.

Извлечение золота в готовую продукцию по гравитационно-сорбционной технологии составляет 93,19%, при содержании золота в отвальных хвостах 0,310 г/т, по гравитационно-флотационно-сорбционной – 92,78%, при содержании золота в хвостах – 0,329 г/т.

Расчет и выбор оборудования выполнены для комплекса производительностью 300 тыс. т руды в год. Следует отметить, что изготовление всего технологического оборудования, требуемого для реализации строительства перерабатывающего комплекса, может локализоваться в условиях ПО НМЗ.

Таким образом, результатом проведенного комплекса исследовательских работ, выполненных специалистами Навоийского ГМК, является разработка рациональной технологии переработки золотосодержащих руд месторождения Сармич и технологического регламента для проектирования предприятия.

1M63

ТОКАРНО - ВИНТОРЕЗНЫЙ  
СТАНОК



**NMZ**  
Навоийский завод  
и металлургический комбинат

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

## TEXNOLOGIK ERITMALARDAN URANNI SORBSIYALI AJRATIB OLISHDA XLOR IONLARINI TA'SIRINI TADQIQ QILISH



**Sharafutdinov U.Z.**,  
«NKMK» AJ YaTJEBIM  
boshlig'i o'rinbosari, t.f.d.



**Rajabboyev I.M.**,  
NDKI «Metallurgiya» kafedrası  
dotsenti v.b.



**Qodirov A.O.**,  
NDKI «Metallurgiya» kafedrası  
magistranti



**Xalilova H.R.**,  
NDKI «Nodir va radioaktiv metallar  
rudalarini qazib olish va qayta ishlash»  
kafedrası magistranti

Uranni sulfat kislotaga bilan tanlab eritganda, jarayonga halaqit qiluvchi rudali jinslarni ko'plab komponentlarining erishi kuzatiladi, shuning uchun ko'p aralashmalar uran bilan birga mahsulotli eritmaga o'tadi.

Eritmaga oksidlovchi moddalarni kiritish, uranni qazib olishni oshirish, shu bilan birga, mahsulotli eritmalarning qo'shimchalar bilan zararlanishini oshiradi. Uranni anionitlarda sorbsiyali ajratib olishda yo'ldosh qo'shimchalar o'zini turlicha tutadi.

Ushbu maqolada uranni sorbsiya jarayonida xlorli ion asosidagi depressantning ta'siri muhokama qilinadi.

**Tayanch iboralar:** xlor-ion, uran, sorbsiya, tazyiqlovchi, kationit, anionit, sulfat kislotaga.

При выщелачивании урана серной кислотой наблюдается частичное растворение многих компонентов рудомещающих пород, из-за чего много примесей попадает в продуктивный раствор вместе с ураном.

Введение окислителей в выщелачивающий раствор, повышая извлечение урана, в то же время увеличивает загрязнение продуктивных растворов сопутствующими примесями. При сорбционном извлечении урана на анионитах сопутствующие ему примеси ведут себя неодинаково.

Данной статье рассмотрен вопрос влияния депрессанта на основе хлорид иона в процессе сорбции и десорбции урана.

**Ключевые слова:** хлор-ион, уран, сорбция, десорбция, катионит, анионит, отвал, серная кислота.

O'zbekistonda uran tarkibli konlarni qazib olish va qayta ishlashning asosiy usullari yaqin vaqtlardan (XX asning 90-yillar boshidan) yer ostida va ochiq kon usulida rudalarni qazib olish va ularni gidrometallurgik qayta ishlash boshlandi. 1958-1991 yillar davomida Uchquduq konida ochiq usulda rudalarni qazib olish natijasida uranni o'rtacha miqdori 200 g/t, umumiy hajmi 1,4 mln m<sup>3</sup> yoki 2,25 mln t bo'lgan 23 ta balansdan tashqari radioaktiv kon chiqindi uyumlari to'plandi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, rekultivatsiya eritmalaridagi xloridlarni nisbatan yuqori miqdorda (2-2,5 g/l) bo'lishligining sababi ularni ruda chiqindilari tarkibida va yer osti suvlari tarkibida yuqori miqdorda bo'lishligi va to'liq eritmaga o'tishi hisoblanadi [1, 2].

Xloridlar suv va sulfat kislotaga bilan yaxshi tanlab eritiladi. Tanlab eritish birinchi 5 minut ichida juda yuqori tezlikda ro'y beradi. Uran suvda erimaydi, lekin sulfat kislotaga bilan 60 minutda 89% gacha eritmaga o'tadi.

Uranni sorbsiyalash ishchi holatga keltirilgan ionitlar bilan amalga oshirilib, bu jarayon sharoitlar, ya'ni texnologik eritmalarni tarkibiga

bog'liq bo'ladi. Shunday qilib, uranni sulfat kislotali eritmalardan ajratib olishda ionitlar SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> formaga o'tadi. Uranni aralash sulfat-xlorid eritmalaridan sorbsiyalash uchun SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> formadagi ionitlar kabi, Cl<sup>-</sup> shaklidagi ionitlardan ham foydalanish mumkin.

Tadqiqotlar murakkab sulfat-xlorid eritmalaridan uranni ajratib olishda ionitni ishchi formasini uni uran bo'yicha sig'imiga ta'sirini aniqlashga yo'naltirildi.

Tadqiqotlar statik rejimda tarkibida [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]=20 g/l va [U]=28,6 mg/dm<sup>3</sup>, Cl<sup>-</sup>=0-0,05 mol/dm<sup>3</sup>, pH=1,8 bo'lgan model eritmalarda qatron bilan eritmani hajmiy nisbati V<sub>qat</sub>:V<sub>erit</sub> = 1 : 1000 bo'lgan holda, harorat, t = 25 °C da olib borildi.

Tajriba natijalari 1-jadvalda keltirilgan [3].

Olingan ma'lumotlarga ko'ra statik sharoitda ionitlarning almashinuv sig'imi quyidagi qator bo'yicha ortadi:

Dowex-1 < AMP < Purolite A606 < BO-020.

Texnologik eritmalarda xlorid ionlarining bo'lishi, kutilganidek, anionitlar bilan Cl<sup>-</sup> sorbsiyasining raqobat jarayoni tufayli istisnosiz barcha ionitlarning uran bo'yicha hajmiy xususiyatlarining pasayishiga olib keldi.

1-jadval

Texnologik eritmalardan uranni sorbsiyalashda statik almashuv sig'imiga xlorid ionlari va ionitlarning formasini ta'siri

№	Ionitni markasi	Ionitni formasi	SAS ([Cl <sup>-</sup> ]=0,05 mol/dm <sup>3</sup> bo'lganda)		SAS ([Cl <sup>-</sup> ]=0 mol/dm <sup>3</sup> bo'lganda)	
			kg/m <sup>3</sup>	kg/t	kg/m <sup>3</sup>	kg/t
1.	AMP	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3,10	8,37	14,67	34,26
		Cl <sup>-</sup>	3,03	8,2	—	—
2.	Purolite A-606	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6,15	15,37	17,90	45,55
		Cl <sup>-</sup>	8,3	20,75	—	—
3.	BO-020	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	12,15	34,02	19,55	48,87
		Cl <sup>-</sup>	13,97	39,11	—	—
4.	Dowex-1	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4,76	16,66	13,8	32,31
		Cl <sup>-</sup>	6,42	22,47	—	—

Xloridlarni sorbsiya jarayoniga qo'shimcha raqobatlashishiga eritmalarida sulfat-xloridli komplekslarni hosil bo'lishi hisobiga uranni sorbsiyalashni pasayish mexnizmi o'rganildi.

1-rasmda texnologik eritmalaridagi xlorid ionlari konsentratsiyasiga bog'liq ravishda uranni ion formasini taqsimlanish grafigi keltirilgan.

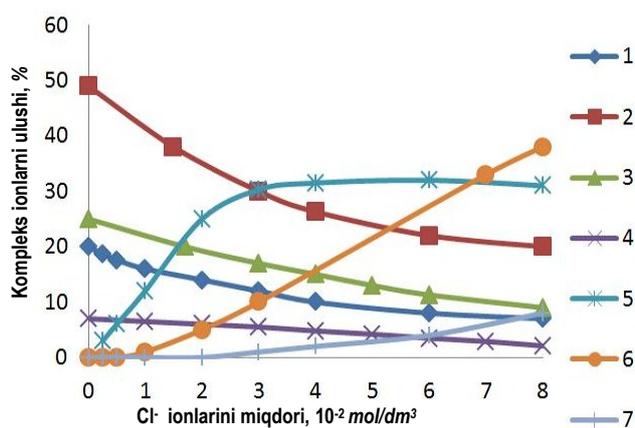
Ionli formalarning joylashish diagrammasida eritmada xlorid ionlarining konsentratsiyasi  $0,05 \text{ mol/dm}^3$  gacha oshganda anionitlarga yutilmagan kationli  $\text{UO}_2\text{Cl}^+$  komplekslarni ulushi ortadi, bu esa ionitning uran bo'yicha sig'imining kamayishiga olib keladi.

Vinilpiridinli BO-020 ioniti misolida IK spektrometriya usuli bilan uranni sorbsiyasini pasayish mexanizmi tadqiq qilindi. Olingan  $\text{SO}_4^{2-}$  va  $\text{Cl}^-$  ishchi formadagi ionit namunalarning yutilish spektrlari  $0,05 \text{ mol/dm}^3$  xlorid ionli konsentratsiyali sulfat kislotada eritmalaridan uranni sorbsiyalashdan oldin va keyin olingan (2-rasm).

Tadqiq qilingan barcha to'rt namunadagi spektrlarda ionit matritsada atomlararo bog'lanishlarning tebranishlariga va funksional guruhlariga xos yutilish cho'qqilari mavjud. Shunday qilib,  $3045 \text{ sm}^{-1}$  sohada yutilish cho'qqisiga aromatik halqaning C-H bog'ining valent tebranishlari sabab bo'ladi.  $2940 \text{ sm}^{-1}$  da kuchsiz yutilish cho'qqisiga alifatik uglevodorodlarning C-H bog'idagi valent tebranishlari sabab bo'ladi.

$646 \text{ sm}^{-1}$  va  $1477 \text{ sm}^{-1}$  mintaqadagi cho'qqilar mos ravishda C = C va C = K benzol halqasining valent tebranishlaridan kelib chiqadi.  $1384 \text{ sm}^{-1}$  va  $846 \text{ sm}^{-1}$  to'lqin sonlari bo'lgan cho'qqilar C-H vinil bog'ining tekislikka va tekislikdan tashqari deformatsion tebranishlariga mos keladi. Sorbsiyadan oldingi  $\text{SO}_4^{2-}$  ishchi formadagi ionit namunasining yutilish spektri (2-rasm, 1-to'lqin)  $[\text{SO}_4]^{2-}$  guruhini assimetrik uch marta buzilishi tebranishlari oqibatida  $619$  va  $1111 \text{ sm}^{-1}$  doirasida cho'qqilarni borligi bilan tavsiflanadi. Spektarda ionit  $\text{Cl}^-$  ishchi formasida (2-rasm, 2-to'lqin).

Uranni sulfat-xlorid eritasidan sorbsiyalagandan keyin  $[\text{SO}_4]^{2-}$  guruhi assimetrik uchlamchi buzilish tebranishlariga mos keluvchi  $\text{Cl}^-$  ko'rinishidagi BO-020 ionit namunasining spektrida  $620$ ,  $1034$  va  $1111 \text{ sm}^{-1}$  nomerli to'lqin cho'qqilar paydo bo'ladi (2-rasm, 4-to'lqin). Bu esa o'rganilayotgan ionit bo'yicha uranni sorbsiyalash faqat sulfat kompleksi ko'rinishida amalga oshganligini ko'rsatadi, musbat zaryadli xlorid kompleksi ko'rinishidagi uranni sorbsiyalamaydi.

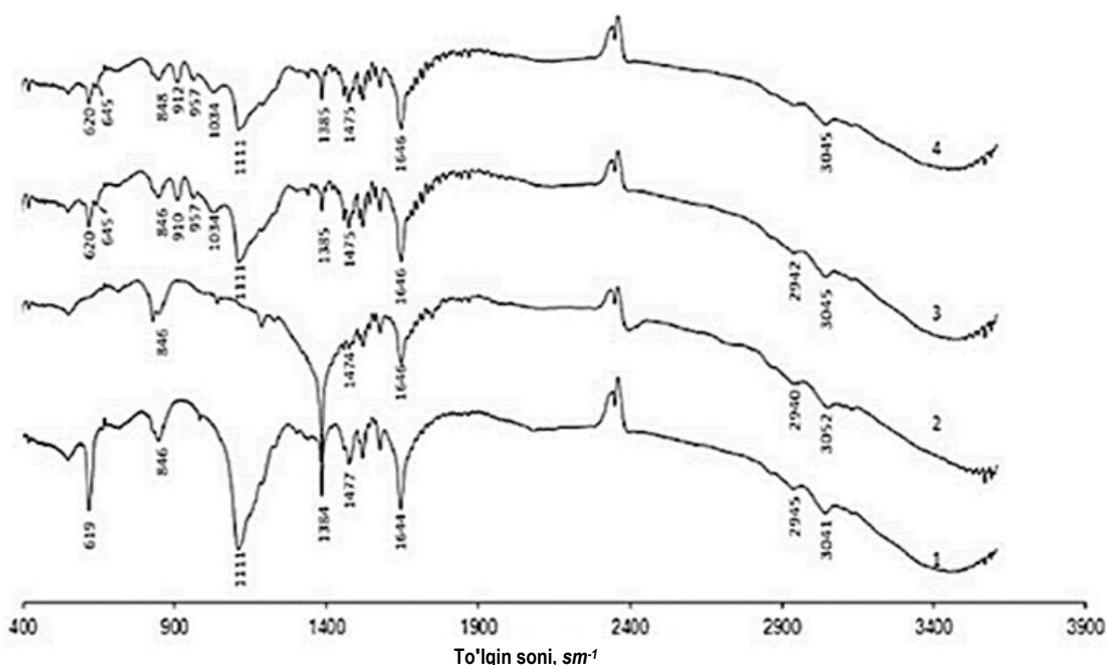


1-rasm. Rekultivatsiya eritmalaridan uranni ajratib olish darajasiga xlorid ionlari formasini bog'liqligi: 1 –  $\text{UO}_2^{2+}$ ; 2 –  $\text{UO}_2\text{SO}_4$ ; 3 –  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2]^{2-}$ ; 4 –  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ ; 5 –  $\text{UO}_2\text{Cl}^+$ ; 6 –  $\text{UO}_2\text{Cl}_2$ ; 7 –  $[\text{UO}_2\text{Cl}_3]$ .

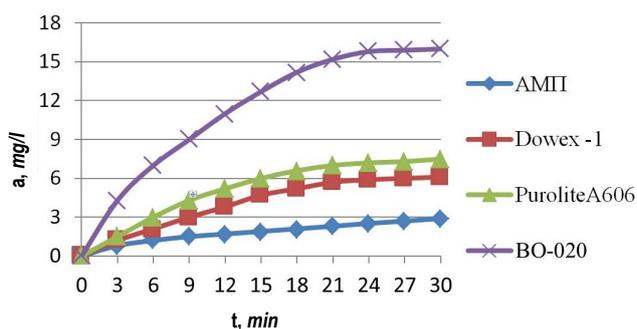
$[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ mol/dm}^3$  konsentratsiyasida uranni sorbsiyalash izotermasi spektri olindi (3-rasm). BO-020 ioniti bilan uranni sorbsiyalashning izotermasi boshqa izotermalardan yuqori bo'lib, u to'rtlamchi ammoniy asoslariga nisbatan vinilpiridin funksional guruhlarining uranga nisbatan ko'proq yaqinligini ko'rsatadi.

Sorbsiya kinetikasi statik rejimda qatron bilan eritmani hajmiy nisbatlari  $V_{\text{qatr.}} : V_{\text{erit.}} = 1:1000$ , harorat  $25^\circ\text{C}$  da eritmaning muhiti  $\text{pH} = 1,8$ ,  $[\text{SO}_4^{2-}] = 20 \text{ g/l}$  va  $[\text{U}] = 28,6 \text{ mg/dm}^3$ , xlorini miqdori  $0,05 \text{ mol/dm}^3$  bo'lgan model eritmada tadqiq qilindi. 4-rasmda ionitlar bilan uranni sorbsiyalashning egri chiziqlari keltirilgan, sistemada muvozanat uchun BO-020 anioniti kinetika bo'yicha eng yaxshi xususiyatni ko'rsatadi, uning sistemada muvozanat qaror topishi 18 soatni, AMP esa 24 soatni tashkil qildi.

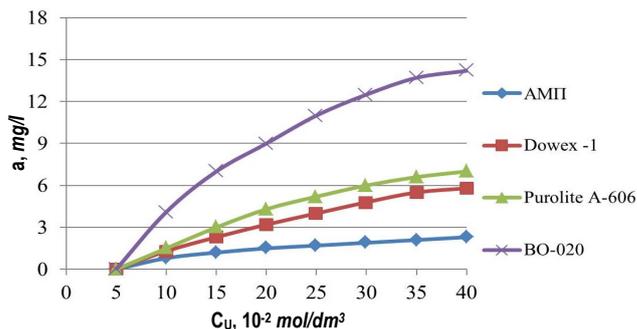
Bundan tashqari turli xil uran tarkibli chiqindi uyumlarini qayta ishlash real eritmalaridan uranni sorbsiyalash bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Olingan real eritmalar 8-ochiq kondan olingan namunalar sulfat



2-rasm. BO-020 ioniti misolida uran sorbsiyasini pasayish mexanizmining IK spektrlari. Soorbtsiyagacha: 1 –  $\text{SO}_4^{2-}$  ko'rinishda; 2 –  $\text{Cl}^-$  ko'rinishda. Soorbtsiyadan keyin: 3 –  $\text{SO}_4^{2-}$  ko'rinishda; 4 –  $\text{Cl}^-$  ko'rinishda.



3-rasm. Xlorid ionlarining kontsentratsiyasi  $0,05 \text{ mol/dm}^3$  bo'lgan eritmadan  $\text{SO}_2_4$  formadagi qatron bilan uranni sorbtsiyalash izotermasi grafiklari, qatron tarkibidagi uranni miqdoriga eritma tarkibidagi xlor ionlarini miqdorini bog'liqligi



4-rasm. Xlorid ionlarini kontsentratsiyasi  $0,05 \text{ mol/dm}^3$  bo'lgan sulfat-xloridli eritmalaridan uranni sorbtsiyalashni kinetik grafiklari

kislota eritmasi (pH = 1,0) bilan ishlov berish yo'li bilan olib borildi.

Qatronlarni to'liq dinamik almashuv sig'imi (TDAS) aniqlandi (sorbtsiyada uranni to'liq ko'chishi) (2-jadval). Olingan ma'lumotlardan aniq bo'ldiki qatronlarni uran bo'yicha TDAS quyidagi qator bo'yicha oshadi:

$$\text{Dowex-1} < \text{AMP} < \text{Purolite A-606} < \text{BO-020}.$$

Metallni tanlab eritish va keyin VO-020 anioniti bilan uranni sorbtsiyalash natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval natijalarida ko'rinib turgandek, 8-konni balansdan tashqari rudalarini sulfat kislotali tanlab eritish, boshlang'ich eritmaning muhitini pH = 1,0 qiymatda ushlab turishni talab etadi, bunda xlorid ionlarining muvozanat kontsentratsiyasi  $[\text{Cl}] = 1775 \text{ mg/l}$ . Eritmadan uranni BO-020 anioniti bilan sorbtsiyalashda qatronni to'yinishi bo'yicha ijobiy natijalarni ta'minlaydi.

2-jadval  
Sulfat-xloridli eritmalaridan uranni ajratib olishda ionitlarni TDAS qiymatlari

Ionit	BO – 020	Purolite A606	Dowex – 1	AMP
TDAS, $\text{kg/m}^3$	58,75	47,00	31,33	37,28

3-jadval  
Sl- 1775  $\text{mg/l}$  ( $0,05 \text{ mol/dm}^3$ ) kontsentratsiyasida metallni sorbtsiyalash natijalari

Balansdan tashqari ruda namunalari	Tanlab eritishda $\text{H}_2\text{SO}_4$ kontsentratsiyasi, g/l	Tanlab eritish va sorbtsiyalash natijalari			
		Oxirgi pH	Qattiq chiqindidagi [U], %	Eritmadagi [U], mg/l	Anionitni sig'imi, mg/g
8-son chiqindi uyumi, $[\text{U}] = 0,024\%$	30,0	1,0	0,036	88	9,0
	15,0	1,4	0,039	67	18,2
	8,0	3,0	0,0100	40	22,5

### Bibliografik ro'yxat:

1. Doniyarov N.A., Rajabboyev I.M., Abdullayev Z.O., Ergasheva Y.O. Texnologik eritmalaridan uranni sorbtsiyalash jarayonida ishlatiladigan qatronlarni mexanik mustahkamligini tadqiq qilish. "Amaliy va innovatsion ilmiy tadqiqotlar: dolzarb muammolar, yutuqlar va yangiliklar" (professor A.A. Yusupxodjaevning xotirasiga bag'ishlangan) mavzusidagi xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. – Toshkent. 6 dekabr, 2021 y. 169-174 b.
2. Rajabboyev I.M., Ostonov O.I. Uchquduq uran kon chiqindilarini uyumda tanlab eritish jarayoni orqali qayta ishlash texnologiyasi. «Yangilanayotgan O'zbekistonda fan, ta'lim va innovatsiya uyg'unligi» mavzusidagi Respublika 2-son ko'p tarmoqli ilmiy-masofaviy onlayn konferensiya. – Toshkent. 3 dekabr, 2020 y. 337-339 b.
3. Sharafutdinov U.Z., Doniyarov N.A., Rajabboyev I.M., Abdullayev Z.O., Ergasheva Y.O. Anionalmashuv qatronlariga past (manfiy) haroratning ta'sirini tadqiq qilish // Uzbekistan – Japan International Symposium on Green Chemistry and Sustainable Development. – Toshkent. 29-30 noyabr, 2021 y. – 110 b.

### "GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 1(88) pp. 64-67 STUDY OF THE INFLUENCE OF CHLORINE IONS ON THE SORPTION SEPARATION OF URANIUM FROM TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

- <sup>1</sup>Sharafutdinov Yu.Z., Deputy Head of the Innovation Center.  
<sup>2</sup>Radzhabboev I.M., Acting Associate Professor of the Department of "Metallurgy".  
<sup>3</sup>Kodirov A.O., Master Student in the Department "Metallurgy".  
<sup>4</sup>Khalilova Kh.R., master student.

- <sup>1</sup>JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine, Uzbekistan.  
<sup>2</sup>Navoi State Mining Institute, Uzbekistan.

When uranium is leached with sulphuric acid, many components of the host rocks are partially dissolved, causing many impurities to enter the process solution together with the uranium.

The introduction of oxidizing agents into the leaching solution, while increasing uranium recovery, at the same time increases the contamination of the process solutions with associated impurities. During sorption extraction of uranium on anion exchangers, the associated impurities behave differently.

This paper considers the effect of chloride ion depressant in the sorption and desorption of uranium.

**Keywords:** chlorine ion, uranium, sorption, desorption, cation exchanger, anion exchanger, dump, sulfuric acid.

#### Bibliographic list:

1. Doniyarov N.A., Radzhabboev I.M., Abdullaev Z.O., Ergasheva Yu.O. Investigation of the mechanical strength of resins used in the process of sorption of uranium from technological solutions. International Scientific and Scientific and Technical Conference "Applied and Innovative Research: Actual Problems, Achievements and Innovations" (dedicated to the memory of Professor A.A. Yusupkhodzhaev). – Tashkent, December 6 2021, – pp. 169-174.

2. Radjabboev I.M., Ostonov O.I. Waste processing technology of the Uchkuduk uranium mining enterprise by selective dissolving. Republican multidisciplinary scientific-correspondence online conference No. 2 on the topic "Harmony of science, education and innovation in a renewed Uzbekistan". – Tashkent, December 3, 2020, – pp. 337-339.

3. Sharafutdinov U.Z., Doniyarov N.A., Radzhabboev I.M., Abdullaev Z.O., Ergasheva Yu.O. Study of the influence of low (negative) temperature on anion exchange resins // Uzbek-Japanese International Symposium on Green Chemistry and Sustainable Development. – Tashkent, November 29-30, 2021. – 110 p.

**НФ-1200**

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Всегда рядом с металлом

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)

## RUDNOTERMİK TIKLASH USULI YORDAMIDA MIS ERITISH SHLAKLARINI QAYTA ISHLASHNING TERMODINAMIKASI



**Turaxodjayev N.D.,**  
I. Karimov nomidagi TDTU  
«Quymaqorlik texnologiyalari» kafedrasini  
mudiri, t.f.d., professor



**Matkarimov S.T.,**  
I. Karimov nomidagi TDTU  
«Metallurgiya» kafedrasini dotsenti,  
PhD



**Berdiyarov B.T.,**  
I. Karimov nomidagi TDTU  
«Metallurgiya» kafedrasini mudiri,  
PhD, dotsent



**Yuldasheva N.S.,**  
I. Karimov nomidagi TDTU  
«Metallurgiya» kafedrasini  
magistranti

Maqolada mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi temir asosli birikmalarni rudnotermik tiklash usuli yordamida qayta ishlashning termodinamik qonuniyatlarini tahlil qilingan. Shlak tarkibidagi oksidlangan birikmalar va uglerod o'rtasida sodir bo'ladigan karbotermik reaksiyalarning ehtimoliy yo'nalishini baholash tizimining termodinamik qiymatlari o'zgarishi bilan amalga oshirildi. Shlakdagi metall oksidlarini karbotermik tiklashda yuz beradigan fizika-kimyoviy jarayonlarni termodinamik jihatdan ilmiy asoslab berishda harorat ortishi bilan sistemaning Gibbs energiyasi o'zgarishi va Gibbs energiyasi asosida kimyoviy reaksiyalarning muvozanat doimiyliklarini baholash hamda ular orasida eng sekin boradigan (limitlovchi) kimyoviy jarayonni aniqlash uslubidan foydalanildi. Shlak va tiklovchi modda sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalarning termodinamik qiymatlarini aniqlash va ularning Ellingem grafiklarini tuzish maqsadida Microsoft Excel dasturidan foydalanildi.

**Tayanch iboralar:** mis eritish shlaklari, Ellingem grafiklari, termodinamika, rudnotermik tiklash, Gibbs erkin energiyasi, magnetit, muvozanat konstantasi, uglerod, is gazi, matematik ifoda, qayta ishlash.

В статье проанализированы термодинамические законы переработки железосодержащих соединений в составе медных производственных шлаков с помощью руднотермического метода восстановления. Оценка возможного направления карботермических реакций между окисленными соединениями шлака и углеродом осуществлялась с изменением термодинамических значений системы. При термодинамическом обосновании физико-химических процессов, происходящих при карботермическом восстановлении оксидов металла в шлаке, была использована методика оценки равновесия химических реакций на основе изменения энергии Гиббса и энергии Гиббса с повышением температуры и определения наиболее медленного (лимитирующего) химического процесса. Для определения термодинамических значений протекающих химических реакций в системе шлака и восстановительного вещества, и создания их графики Эллингема была использована программа Microsoft Excel.

**Опорные слова:** шлаки медного производства, графики Эллингема, термодинамика, руднотермическое восстановление, свободная энергия Гиббса, магнетит, константа равновесия, углерод, углекислый газ, математическое выражение, обработка.

Respublikamizda mineral resurslardan kompleks foydalanish, po'lat va mis eritish shlaklarini kompleks qayta ishlash chora-tadbirlari amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 24 iyundagi PQ 5159-sonli «Kon-metallurgiya sanoati va unga bog'liq sohalarni rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida» gi qarori, jumladan ...«xom ashyodan tayyor mahsulotgacha» bo'lgan ko'p pog'onali qo'shilgan qiymat zanjirlarini yaratishga qaratilgan iqtisodiyotning drayveri sifatida respublikada mis mahsuloti va u bilan bog'liq sohalarda yuqori qo'shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar ishlab chiqarish bo'yicha ilmiy-texnologik klasterini tashkil etish, .... mis sanoati klasteri uchun zarur bo'lgan kon-metallurgiya mashinalari, texnikalari, asbob-uskunalar, xom ashyoni chuqur qayta ishlash, kimyoviy mahsulotlarning yangi turlarini ishlab chiqarishni kengaytirish va o'zlashtirish, mahalliy ixtisoslashgan tashkilotlar bilan kooperatsiya va autsorsing asosida xizmat ko'rsatish turlarini rivojlantirish» vazifasi belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirish, jumladan, mavjud homashyo resurslaridan oqilona foydalanish, mis ishlab chiqishda kamchiqindili texnologiyalarni amaliyotga tadbiriq etish hamda mis eritish shlaklarini chiqindsiz qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi [1-4].

Jahon miqyosida metallurgiya sanoatining jadal rivojlanishi yangi turdagi metall va metall qotishmalarini yaratilishi bilan birga turli texnogen chiqindilar hosil bo'ladi [5].

Hosil bo'lan chiqindilarni qayta ishlash uchun rivojlangan mamlakatlar uni kompleks qayta ishlash texnologiyasini tadbiriq qilish bilan bir qatorda sanoatni rivojlantirish uchun normativ hujjatlarini tartibga solish, ekologik qonuniyatlar tizimini yaratish, «yashil texnologiyalarni» qo'llab-quvvatlash, shuningdek, ishlab chiqaruvchilarning texnologik vazifalarini hal etishga jalb qilingan ilg'or va kam chiqindili texnologiyalar jalb qilishdan iboratdir [6, 7].

Metallurgik shlaklarni qayta ishlab, yangi turdagi mahsulotlar olish hamda qoldiq mahsulotni qurilish materiallari ishlab chiqarish sanoatiga tadbiriq etish buguni kuni eng dolzarb vazifalaridan biridir.

Mis shlaklarini qayta ishlashning eng optimal texnologiyalaridan biri bu – uglerod tarkibli tiklovchi muhitda qayta ishlashdir [8, 9].

Uglerod tarkibli tiklovchilar bilan qayta ishlashda eng e'tibor berish lozim bo'lgan jihat, uning termodinamik tahlilidir. Termodinamik tahlillar izobarik-izotermik potentsiallarning (Gibbs erkin energiyasi) haroratga bog'liqligini hisobga olgan holda o'tkazildi. Gibbs erkin energiyasining o'zgarishi ( $\Delta G$ ) umumiy holda quyidagi formula yordamida hisoblab chiqilgan:

$$\Delta G_{reak} = \Delta H_{reak} - \Delta S_{reak} T$$

Bu yerda  $\Delta H_{reak}$  – tegishli kimyoviy reaksiyaning entalpiyasi,  $kJ/mol$ ;

$\Delta S_{reak}$  – tegishli kimyoviy reaksiyaning entropiyasi,  $J/(mol \cdot K)$ ;

$T$  – sistemaning absolyut harorati,  $K$ .

Sistemaning Gibbs energiyasi qiymatiga qarab, standart sharoitda

reaksiyalarning o'z-o'zicha borish yoki bormasligi va reaksiyaning yo'nalishi to'g'risida quyidagicha xulosa qilinadi:

a) agar kimyoviy reaksiyada Gibbs energiyasi o'zgarishining qiymati  $\Delta G_{298} > 0$ , ya'ni musbat bo'lsa, bu reaksiyalar standart sharoitda o'z-o'zidan bora olmaydi;

b) agar  $\Delta G_{298} < 0$ , ya'ni manfiy bo'lsa, bu reaksiyalar standart sharoitda o'z-o'zidan boradi. Bu reaksiyalar iqtisodiy va texnologik jihatdan qulay hisoblanadi;

d) agar  $\Delta G_{298} = 0$  bo'lsa, bunda sistema kimyoviy muvozanat holatida bo'ladi. Muvozanatni zarur reaksiya boradigan tomonga yo'naltirish uchun sistema parametrlari ( $P, T, C, V$ ) ni o'zgartirish kerak bo'ladi.

Shlak va tiklovchi modda sistemasida sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalarda ishtirok etadigan moddalarning standart termodinamik qiymatlarini [10] adabiyotda berilgan ilovadan aniqlab olindi va bu standart qiymatlar 1-jadvalda taqdim etilgan.

Reaksiya muvozanat konstantasining ( $K_M$ ) haroratga bog'liqligi quyidagi formula bo'yicha aniqlandi:

$$\Delta G = -RT \ln K_M$$

Bu yerda:  $R$  – universal gaz doimiyligi,  $R = 8,31696 \cdot 10^{-3}$  kJ/(grad·mol);

$K_M$  – tegishli kimyoviy reaksiyaning muvozanat doimiyligi.

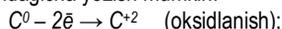
2-matematik ifodadan muvozanat konstantasini topish uchun tenglamaning ikki tomonini ham  $-RT$  ga bo'lib, logarifmlaymiz va natijada quyidagicha ifoda hosil bo'ladi:

$$K_M = e^{-\frac{\Delta G}{RT}}$$

Uglerod bilan tiklanish reaksiyalarining har biri uchun dastlab berilgan haroratda Gibbs energiyasining o'zgarishini umumiy formula orqali ifodalab olindi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari geterogen fazalarda ham, gomogen fazalarda ham har xil mexanizmlar bilan borishi mumkin. Ko'p hollarda reaksiyaning dastlabki bosqichi ta'sirlashuv chegara sirtlarida elektronlar uzatilishi bilan yuz beradi. Oksidlanish jarayoni odatda eng yuqori elektron zichlikka ega bo'lgan mintaqalarda, tiklanish (qaytarilish) esa elektron zichligi minimal bo'lgan mintaqalarda davom etadi. Shlak tarkibidagi oksidlarda esa kislorodning nisbiy elektromanfiyligi yuqori bo'lganligi sababli metall atomlarining tashqi qavatidagi valent elektronlar kislorod atomlari tomoniga siljiydi. Natijada elektron zichlik kislorod tomonida yuqori bo'lib, manfiy qutblanishni hosil qiladi. Metall atomlarini valent elektronlar tark etgani tufayli atom yadrosi tarkibidagi protonlarga soniga to'g'ri keladigan elektronlar soni orasida nomutanosiblik ro'y beradi. Metall atomi orbitalidagi elektronlar soni uning yadrosidagi protonlar sonidan kam bo'lganligi sababli shu metall atomi musbat qutbga ega bo'ladi. Natijada metall atomlari hududida elektron zichlik kamayadi [6].

Karbotermik reaksiyalarning sodir bo'lish mexanizmi bo'yicha dastlab uglerod va qattiq shlak materiallarining kontakt chegarasida faollanish energiyasi berilishi bilan sistemadagi har bir komponentning ichki energiyasi ortib ma'lum bir ish bajarishiga majbur qiladi. Bunda tiklovchi modda va oksidli birikmalarning zarrachalarida tartibsizlik darajasi ortadi (ya'ni entropiya ortadi) va neytral uglerod atomidagi elektronlar elektrostatik tortishuv qonunlariga asosan nisbatan musbat qutbga (yoki musbat oksidlanish darajasiga) ega bo'lgan metall ionlari tomoniga tortilla boshlaydi. Natijada oksid qatlamning reaksiyon sirtida uglerod atomidagi elektronlar adsorbsiyalana boshlaydi va soniyalarning bir necha ulushlaridagina mavjud bo'la oladigan qo'sh elektr qatlami hosil bo'ladi. Karbotermik tiklanish mexanizmining keyingi bosqichida uglerod bergan elektronlarni musbat metall atomi qabul qilib neytral holatga o'tadi. Elektronlarini bergan uglerod atomining o'zi esa musbat oksidlanish darajasiga ega bo'lib, manfiy oksidlanish darajasiga ega bo'lgan kislorod bilan bog'lanadi [7]. Ikki valentli metall oksidini uglerod bilan tiklanish jarayonida yuz beradigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining elektron balansini quyidagicha yozish mumkin:

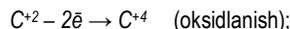


Bu yerda:  $Me$  –  $Fe$  va  $Cu$  metallaridir.

Karbotermik tiklanishning keyingi bosqichida hosil bo'lgan reaksiya mahsulotlari reaksiyon zonani tark etadi. Bunda oksidlangan uglerod atomlari kislorod bilan bog'lanib is gazini ( $CO$ ) hosil qiladi va bu gazda entropiya yuqoriligi hamda kam zichlikka ega ekanligi sababli reaksiyon yuzani tark etadi:

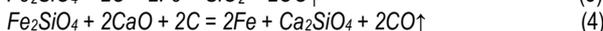


Karbotermik tiklanish jarayonining keyingi bosqichida esa is gazi molekullari xomashyo materiallari ichidagi kapillyar yoriqlardan harakatlanishi vaqtida qaytaruvchilik xususiyati hali ham mavjudligi tufayli hali tiklanib ulgurmagan metall oksidlari bilan yana ta'sirlashadi va o'zi karbonat anhidridga ( $CO_2$ ) qadar oksidlanadi. Bu jarayonda ham dastlab is gazi molekullari metall oksidlari sirtiga xemosorbsiyalanadi, so'ng  $CO_2$  ko'rinishida reaksiyon zonani butkul tark etadi. Is gazi bilan tiklanish jarayonining elektron balansini umumiy holda quyidagicha tasavvur qilish mumkin:



Karbotermik tiklanish jarayonlarida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalarning borish tezligiga qarab sistemada dastlab qaysi reaksiya, so'ng uning ketidan qaysi reaksiya borishi ketma-ketligini tuzish mumkin. Buning uchun ularni bir nechta haroratlarda oralig'ida erkin energiyalari o'zgarishini va mazkur haroratlardagi muvozanat doimiyliklarini aniqlash zarur. Shu sababdan termodinamik tahlilni oson va tushunarli tilde amalga oshirish maqsadida yuqorida tuzib chiqilgan chiqilgan reaksiya mexanizmi asoslanib, mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini uglerod bilan tiklab metall olish jarayonida yuz beradigan barcha karbotermik tiklanish kimyoviy reaksiyalarini 2 guruhga bo'lib o'rganildi: 1) oksidlarning dastlab uglerod ( $C$ ) bilan tiklanishi; 2) oksidlarning is gazi ( $CO$ ) bilan tiklanishi [8].

1. Shlak tarkibidagi metall oksidlarini uglerod bilan tiklanish jarayonining termodinamik tahlili. Suyuq shlak bilan uglerod orasida bo'radigan karbotermik tiklanish reaksiyalari tuzildi va ular quyidagilardan iborat:



1-jadval

Moddalarning standart sharoitdagi (298 K) termodinamik qiymatlari

Modda	$\Delta H_{298}, \text{kJ/mol}$	$\Delta G_{298}, \text{kJ/mol}$	$\Delta S_{298}, \text{J/(mol}\cdot\text{K)}$
$Cu_2O$	-173,2	-150,6	92,9
$FeO$	-265	-244	60,8
$Fe_2SiO_4$	-1477,8	-1377,0	145,2
$CO$	-110,52	-137,14	197,54
$CO_2$	-393,51	-394,38	213,67
$CaO$	-635,1	-603,1	38,1
$Ca_2SiO_4$	-2307,5	-2192,8	127,74
$SiO_2$	-905,4	-851,6	43,51
$Cu$	0	0	33,1
$Fe$	0	0	27,15
$C$	0	0	5,74

2-jadval

Karbotermik tiklanish reaksiyalarining standart sharoitdagi (298 K) qiymatlari

№	Kimyoviy reaksiyalar	$\Delta H_{reaks}, \text{kJ}$	$\Delta G_{reaks}, \text{kJ}$	$\Delta S_{reaks}, \text{J/K}$
1.	$Cu_2O + C = 2Cu + CO \uparrow$	62,68	13,46	165,1
2.	$FeO + C = Fe + CO \uparrow$	154,48	106,86	158,15
3.	$Fe_2SiO_4 + 2C = 2Fe + SiO_2 + 2CO \uparrow$	351,36	251,12	336,21
4.	$Fe_2SiO_4 + 2CaO + 2C = 2Fe + Ca_2SiO_4 + 2CO \uparrow$	219,46	116,12	344,24

1-jadvalda berilgan qiymatlardan foydalanib, Gess qonuni bo'yicha uglerod bilan boradigan tiklanish kimyoviy reaksiyalarining standart sharoitdagi natijalari hisoblandi va ular 2-jadvalda taqdim etilgan.

2-jadvalda taqdim etilgan termodinamik hisoblashlarning standart sharoitdagi qiymatlaridan shuni bilish mumkinki, barcha kimyoviy reaksiyalar endotermik reaksiyalar bo'lib, ularning standart Gibbs energiyasi qiymatlari musbat, ya'ni 298 K da reaksiya o'z-o'zidan sodir bo'la olmaydi. Barcha karbotermik kimyoviy reaksiyalarda ma'lum miqdorda issiqlik yutilishi kuzatildi. Issiqlik yutilsa-da ( $\Delta H_{reak} > 0$ ), lekin sistemaning entropiyasi reaksiyada gazlar hosil bo'lishi evaziga oshdi ( $\Delta S_{reak} > 0$ ). Tadqiq qilinayotgan karbotermik reaksiyalar sistemasida hosil bo'lgan zarrachalarda entropiyaning ortishi hosil bo'lgan gazlarni diffuziyasini

oshirib, tiklanishning keyingi bosqichi uchun qulay zamin tayyorlaydi.

Reaksiyada entalpiya va entropiyaning o'zgarishida har bir kimyoviy reaksiyaning hissasini tasavvur qilish uchun ularni 1-rasmda aylana diagramma ko'rinishida tasvirlandi.

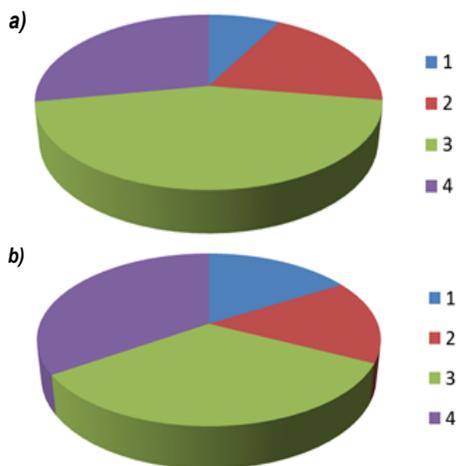
$$1 \quad Cu_2O + C = 2Cu + CO \uparrow \Delta G_1^T = 62,68 - 0,1651 \cdot T$$

$$2 \quad FeO + C = Fe + CO \uparrow \Delta G_2^T = 154,48 - 0,15815 \cdot T$$

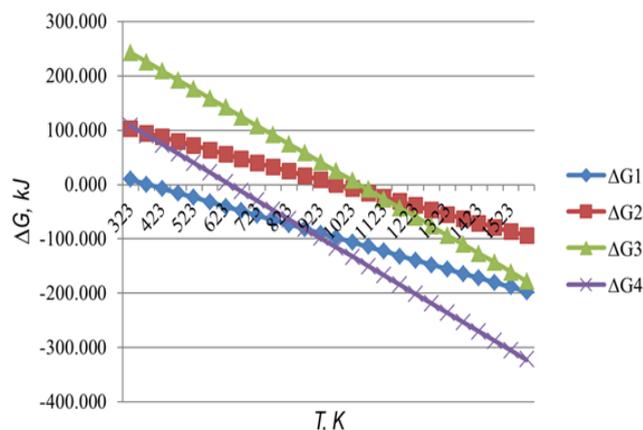
$$3 \quad Fe_2SiO_4 + 2C = 2Fe + SiO_2 + 2CO \uparrow \Delta G_3^T = 351,36 - 0,33621 \cdot T$$

$$4 \quad Fe_2SiO_4 + 2CaO + 2C = 2Fe + Ca_2SiO_4 + 2CO \uparrow \Delta G_4^T = 219,46 - 0,34424 \cdot T$$

3-jadvalda 323-1573 K (50-1300°C) haroratlar intervalida uglerod ishtirokida oqib o'tadigan tiklanish kimyoviy reaksiyalarining tegishli Gibbs energiyalari taqdim etilgan bo'lib, harorat ortib borishi bilan barcha endotermik reaksiyalarning yuz berish ehtimolligi ortib bordi. Masalan, mis quyi oksidining tiklanish reaksiyasida (1-reaksiya) Gibbs energiyasi 423 K (150°C) haroratda, temir quyi oksidining tiklanish reaksiyasida (2-reaksiya) Gibbs energiyasi 1023 K (750°C) haroratda, fayalitning tiklan-



1-rasm. Uglerod ishtirokida boradigan tiklanish reaksiyalarining entalpiya va entropiya qiymatlarining ulushlarda ifodalanishi: a) issiqlik yutilishida tiklanish reaksiyalarining hisssasi; b) tiklanish reaksiyalaridan so'ng sistema entropiyaning o'zgarishida har bir reaksiyaning hisssasi



2-rasm. Oksid – uglerod sistemasida oqib o'tadigan tiklanish reaksiyalarining umumiy Ellingem diagrammasi

3-jadval

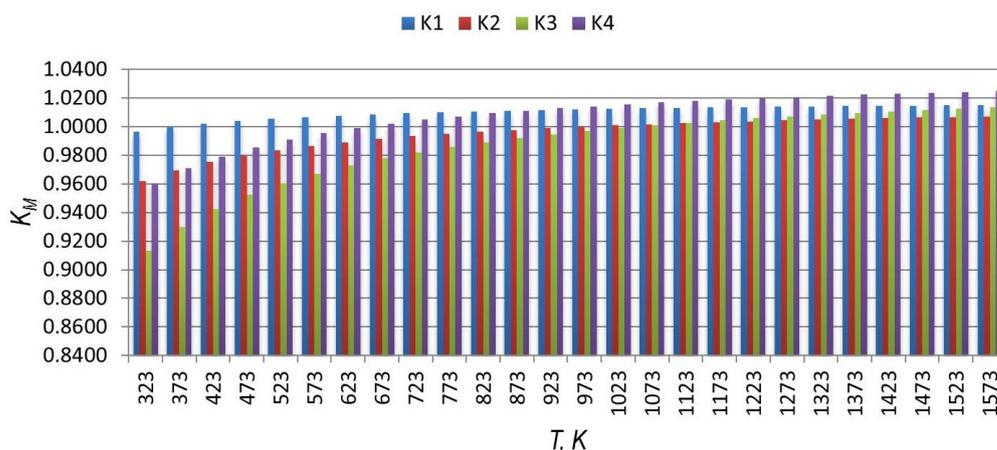
Uglerod ishtirokida oqib o'tadigan tiklanish reaksiyalarining turli haroratlardagi Gibbs energiyalari qiymatlari

№	T, K	$\Delta G_1^T, kJ$	$\Delta G_2^T, kJ$	$\Delta G_3^T, kJ$	$\Delta G_4^T, kJ$
1.	323	9,353	103,398	242,764	108,270
2.	373	1,098	95,490	225,954	91,058
3.	423	-7,157	87,583	209,143	73,846
4.	473	-15,412	79,675	192,333	56,634
5.	523	-23,667	71,768	175,522	39,422
6.	573	-31,922	63,860	158,712	22,210
7.	623	-40,177	55,953	141,901	4,998
8.	673	-48,432	48,045	125,091	-12,214
9.	723	-56,687	40,138	108,280	-29,426
10.	773	-64,942	32,230	91,470	-46,638
11.	823	-73,197	24,323	74,659	-63,850
12.	873	-81,452	16,415	57,849	-81,062
13.	923	-89,707	8,508	41,038	-98,274
14.	973	-97,962	0,600	24,228	-115,486
15.	1023	-106,217	-7,307	7,417	-132,698
16.	1073	-114,472	-15,215	-9,393	-149,910
17.	1123	-122,727	-23,122	-26,204	-167,122
18.	1173	-130,982	-31,030	-43,014	-184,334
19.	1223	-139,237	-38,937	-59,825	-201,546
20.	1273	-147,492	-46,845	-76,635	-218,758
21.	1323	-155,747	-54,752	-93,446	-235,970
22.	1373	-164,002	-62,660	-110,256	-253,182
23.	1423	-172,257	-70,567	-127,067	-270,394
24.	1473	-180,512	-78,475	-143,877	-287,606
25.	1523	-188,767	-86,382	-160,688	-304,818
26.	1573	-197,022	-94,290	-177,498	-322,030

4-jadval

Uglerod ishtirokida boradigan tiklanish reaksiyalarining turli haroratlardagi muvozanat doimiyliklari qiymatlari

№	T, K	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$
1.	323	0,9965	0,9622	0,9135	0,9605
2.	373	0,9996	0,9697	0,9297	0,9711
3.	423	1,0020	0,9754	0,9422	0,9792
4.	473	1,0039	0,9799	0,9522	0,9857
5.	523	1,0055	0,9836	0,9604	0,9910
6.	573	1,0067	0,9867	0,9672	0,9953
7.	623	1,0078	0,9893	0,9730	0,9990
8.	673	1,0087	0,9914	0,9779	1,0022
9.	723	1,0095	0,9933	0,9821	1,0049
10.	773	1,0102	0,9950	0,9859	1,0073
11.	823	1,0108	0,9964	0,9891	1,0094
12.	873	1,0113	0,9977	0,9921	1,0112
13.	923	1,0118	0,9989	0,9947	1,0129
14.	973	1,0122	0,9999	0,9970	1,0144
15.	1023	1,0126	1,0009	0,9991	1,0157
16.	1073	1,0129	1,0017	1,0011	1,0170
17.	1123	1,0132	1,0025	1,0028	1,0181
18.	1173	1,0135	1,0032	1,0044	1,0191
19.	1223	1,0138	1,0038	1,0059	1,0200
20.	1273	1,0140	1,0044	1,0073	1,0209
21.	1323	1,0143	1,0050	1,0085	1,0217
22.	1373	1,0145	1,0055	1,0097	1,0224
23.	1423	1,0147	1,0060	1,0108	1,0231
24.	1473	1,0149	1,0064	1,0118	1,0238
25.	1523	1,0150	1,0068	1,0128	1,0244
26.	1573	1,0152	1,0072	1,0137	1,0249



3-rasm. Oksidlarni uglerod bilan tiklanish jarayonida muvozanat doimiylikini haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi

ishida (3-reaksiya) Gibbs energiyasi 1073 K (800°C) da, fayalitning ohak ishtirokida tiklanishida (4-reaksiya) esa Gibbs energiyasi 673 K (400°C) da manfiylashadi, ya'ni shlak tarkibidagi metall oksidlarining tiklanish reaksiyalari ayni manashu ko'rsatilgan haroratlarda kurtak ota boshlaydi. Buni 2-rasmda ham yaqqol ko'rish mumkin.

2-rasmda tasvirlangan grafikda oksid va uglerod sistemasida oqib o'tadigan tiklanish kimyoviy reaksiyalarining orasida eng tez boradigan kimyoviy reaksiyalar 1- va 4-reaksiyalar bo'lib, reaksiya sistemasida harorat 873 K (600°C) ga yetganda mazkur ikkala kimyoviy reaksiyaning tezliklari tenglashadi, harorat yana 50 birlikka oshganda esa (ya'ni, 923 K (yoki 650°C) ga yetganda) 4-reaksiya tezlikda qolgan barcha kimyoviy reaksiyalardan o'zib ketdi.

(3) matematik ifodaga va 3-jadvaldagi erkin energiyalar qiymatlariga asosanib, uglerod ishtirokida boradigan har bir tiklanish reaksiyasi uchun berilgan haroratlardagi kimyoviy muvozanat doimiylik aniqlandi va bu qiymatlar 4-jadvalda taqdim etilgan.

4-jadvalgi qiymatlar va bu qiymatlarni 3-rasmda gistogrammalar ko'rinishida tasvirlangan grafikdan shuni anglash mumkinki, harorat 1573 K (1300°C) ga yetganda 4-reaksiya, ya'ni fayalitni ohak (CaO) ishtirokida tiklanishining muvozanat doimiylik maksimal qiymatga erishadi ( $K_M=1,0249$ ).

Uglerod ishtirokida mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi oksidlarining tiklanish jarayonlarida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalar orasida eng sekin boruvchi (limitlovchi) jarayon bu fayalitning tiklanishidir (3-reaksiya).

Fayalitning uglerod ishtirokida tiklanish reaksiyasi endotermik bo'lgani uchun haroratning ortishi reaksiya tezligini oshiradi. Lekin sistemaga ohakning (CaO) qo'shilishi fayalitning tiklanishidan hosil bo'lgan SiO<sub>2</sub> ni o'ziga bog'lab olganligi tufayli ohak ishtirokida tiklanish jarayonini tashkillashtirish maqsadga muvofiq va iqtisodiy ahamiyatga ega degan xulosaga kelindi va 1573 K (1300°C) harorat umumiy karbotermik reaksiyalar uchun optimal harorat sifatida tanlandi.

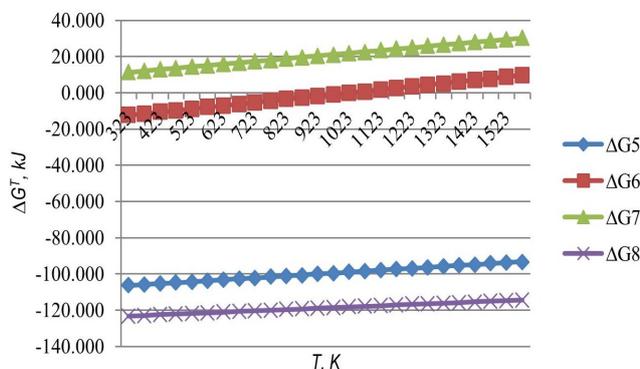
2. Shlak tarkibidagi metall oksidlarini is gazisi (CO) bilan tiklanish jarayonining termodinamik tahlili. Suyuq shlak bilan is gazisi orasida boradigan karbotermik tiklanish reaksiyalari quyidagilarni tashkil qiladi:

5-jadval  
Is gazisi bilan tiklanish reaksiyalarining standart sharoitdagi (298 K) qiymatlari

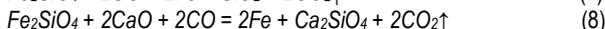
№	Kimyoviy reaksiyalar	$\Delta H_{reaks}$ kJ	$\Delta G_{reaks}$ kJ	$\Delta S_{reaks}$ J/K
5.	$Cu_2O + CO = 2Cu + CO_2\uparrow$	-109,79	-106,64	-10,57
6.	$FeO + CO = Fe + CO_2\uparrow$	-17,99	-13,24	-17,52
7.	$Fe_2SiO_4 + 2CO = 2Fe + SiO_2 + 2CO_2\uparrow$	6,42	10,92	-15,13
8.	$Fe_2SiO_4 + 2CaO + 2CO = 2Fe + Ca_2SiO_4 + 2CO_2\uparrow$	-125,48	-124,08	-7,1

6-jadval  
Is gazisi ishtirokida oqib o'tadigan tiklanish reaksiyalarining turli haroratlardagi Gibbs energiyalari qiymatlari

№	T, K	$\Delta G_5^T$ , kJ	$\Delta G_6^T$ , kJ	$\Delta G_7^T$ , kJ	$\Delta G_8^T$ , kJ
1.	323	-106,376	-12,331	11,307	-123,187
2.	373	-105,847	-11,455	12,063	-122,832
3.	423	-105,319	-10,579	12,820	-122,477
4.	473	-104,790	-9,703	13,576	-122,122
5.	523	-104,262	-8,827	14,333	-121,767
6.	573	-103,733	-7,951	15,089	-121,412
7.	623	-103,205	-7,075	15,846	-121,057
8.	673	-102,676	-6,199	16,602	-120,702
9.	723	-102,148	-5,323	17,359	-120,347
10.	773	-101,619	-4,447	18,115	-119,992
11.	823	-101,091	-3,571	18,872	-119,637
12.	873	-100,562	-2,695	19,628	-119,282
13.	923	-100,034	-1,819	20,385	-118,927
14.	973	-99,505	-0,943	21,141	-118,572
15.	1023	-98,977	-0,067	21,898	-118,217
16.	1073	-98,448	0,809	22,654	-117,862
17.	1123	-97,920	1,685	23,411	-117,507
18.	1173	-97,391	2,561	24,167	-117,152
19.	1223	-96,863	3,437	24,924	-116,797
20.	1273	-96,334	4,313	25,680	-116,442
21.	1323	-95,806	5,189	26,437	-116,087
22.	1373	-95,277	6,065	27,193	-115,732
23.	1423	-94,749	6,941	27,950	-115,377
24.	1473	-94,220	7,817	28,706	-115,022
25.	1523	-93,692	8,693	29,463	-114,667
26.	1573	-93,163	9,569	30,219	-114,312



4-rasm. Metall oksidi va is gazisi sistemasida oqib o'tadigan tiklanish reaksiyalarining umumiy Ellingem diagrammasi



1-jadvalda berilgan qiymatlardan foydalanib, Gess qonuni bo'yicha is gazi bilan silikatli shlak komponentlari orasida boradigan tiklanish kimyoviy reaksiyalarining standart sharoitdagi natijalari hisoblandi va ular 5-jadvalda taqdim etilgan.

$$5\text{Cu}_2\text{O} + \text{CO} = 2\text{Cu} + \text{CO}_2\uparrow \Delta G_5^T = -109,79 + 0,01057 \cdot T$$

$$6\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2\uparrow \Delta G_6^T = -17,99 + 0,01752 \cdot T$$

$$7\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 2\text{CO} = 2\text{Fe} + \text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2\uparrow \Delta G_7^T = 6,42 + 0,01513 \cdot T$$

$$8\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 2\text{CaO} + 2\text{CO} = 2\text{Fe} + \text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 2\text{CO}_2\uparrow \Delta G_8^T = -125,48 + 0,0071 \cdot T$$

6-jadvalda 323 – 1573 K (50 – 1300°C) haroratlar intervalida is gazi ishtirokida oqib o'tadigan tiklanish kimyoviy reaksiyalarining tegishli

Gibbs energiyalari taqdim etilgan bo'lib, harorat ortib borishi bilan barcha tiklanish reaksiyalarida Gibbs energiyalari qiymatlari musbatlashib bordi. Ekzotermik jarayon bo'lishiga qaramay, 5-kimyoviy reaksiya, ya'ni mis quyi oksidini is gazi bilan tiklanishi hamda 8-reaksiya, ya'ni fayalitni kalsiy oksidi ishtirokida is gazi bilan tiklanishi berilgan haroratlar intervalida sodir bo'lish ehtimolligi anchayin yuqori. Lekin 7-kimyoviy reaksiya, ya'ni fayalitning o'zini is gazi bilan tiklanishi berilgan barcha harorat qiymatlarida sodir bo'lish ehtimolligi mavjud emas. 6-kimyoviy reaksiyaning, ya'ni vyustitning is gazi bilan tiklanishi dastlabki haroratlarda juda past ehtimollik bilan sodir bo'ladi. Afsuski, haroratning 1073 K (800°C) dan ortishi vyustitning tiklanishini to'xtatib qo'yadi. Buni 4-rasmda ham yaqqol ko'rish mumkin.

4-rasmda tasvirlangan grafikda metall oksidi va is gazi sistemasida oqib o'tadigan tiklanish kimyoviy reaksiyalarining orasida eng tez boradigan kimyoviy reaksiyalarni 8-reaksiya, ya'ni ohak ishtirokida fayalitning is gazi bilan tiklanishidir. Undan keyin esa mis quyi oksidining is gazi bilan tiklanishi hisoblanadi. Boshqa reaksiyalar esa amalda oqib o'tish ehtimolligi juda past yoki mavjud emas.

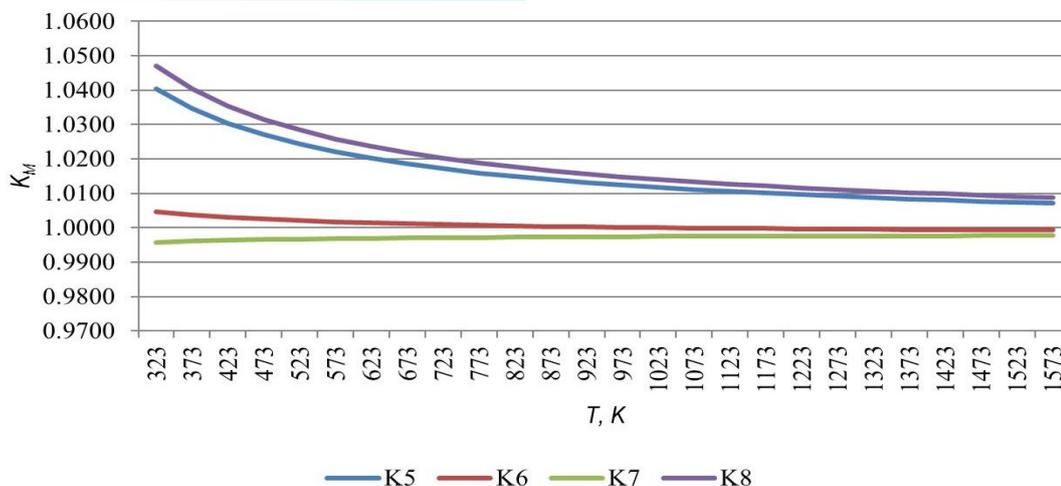
(3) matematik ifodaga va 6-jadvaldagi Gibbs energiyalari qiymatlariga asoslanib, is gazi ishtirokida boradigan har bir tiklanish reaksiyasi uchun berilgan haroratlardagi kimyoviy muvozanat doimiyliklari aniqlandi va bu qiymatlar 7-jadvalda taqdim etilgan. 5-rasmda mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini is gazi bilan tiklanish reaksiyalarining haroratlar intervalida kimyoviy muvozanat doimiyliklari qiymatlari tasvirlangan bo'lib, bunda harorat ortishi bilan tiklanish reaksiyalarining muvozanat doimiyliklari qiymatlari kamayib borishini ko'rish mumkin. Lekin 5- va 8-kimyoviy reaksiyalarining muvozanat doimiyliklari haroratning eng maksimal qiymatlarida ham birdan katta ( $K_M > 1$ ). Bu holat mazkur kimyoviy reaksiyalarining harorat ortishi bilan tezligi biroz pasaysa-da, lekin reaksiya mahsulotlari hosil bo'laveradi. 6- va 7-kimyoviy reaksiyalarining muvozanat doimiyliklari qiymati birdan kichik bo'lganligi sababli umumiy tiklanish jarayonida eng sekin boruvchi (ya'ni, limitlovchi) reaksiya bu mis quyi oksidining is gazi bilan tiklanishidir (5-reaksiya). Shuning uchun is gazi bilan tiklanish jarayonida optimal haroratni aniqlashda 5-kimyoviy reaksiyaning eng tez borish harorati (ya'ni, 323 K) tanlandi. Bu haroratda 8-kimyoviy reaksiyaning tezligi ham ancha yuqori.

Termodinamik tahlillar natijasida quyidagilar aniqlandi.

Termodinamik nuqtai nazardan mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini tarkibida uglerod saqlagan tiklovchi moddalar bilan tiklab metallashgan mahsulot olish jarayonining nazariy asoslari ishlab chiqildi. Uglerod va is gazi ishtirokida mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini tiklash jarayonlarining kimyoviy reaksiyalari va shu reaksiyalarining borish mexanizmi tuzildi.

7-jadval  
Is gazi ishtirokida boradigan tiklanish reaksiyalarining turli haroratlardagi muvozanat doimiyliklari qiymatlari

№	T, K	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>
1.	323	1,0404	1,0046	0,9958	1,0470
2.	373	1,0347	1,0037	0,9961	1,0404
3.	423	1,0304	1,0030	0,9964	1,0355
4.	473	1,0270	1,0025	0,9966	1,0316
5.	523	1,0243	1,0020	0,9967	1,0284
6.	573	1,0220	1,0017	0,9968	1,0258
7.	623	1,0201	1,0014	0,9969	1,0237
8.	673	1,0185	1,0011	0,9970	1,0218
9.	723	1,0171	1,0009	0,9971	1,0202
10.	773	1,0159	1,0007	0,9972	1,0189
11.	823	1,0149	1,0005	0,9972	1,0176
12.	873	1,0140	1,0004	0,9973	1,0166
13.	923	1,0131	1,0002	0,9973	1,0156
14.	973	1,0124	1,0001	0,9974	1,0148
15.	1023	1,0117	1,0000	0,9974	1,0140
16.	1073	1,0111	0,9999	0,9975	1,0133
17.	1123	1,0105	0,9998	0,9975	1,0127
18.	1173	1,0100	0,9997	0,9975	1,0121
19.	1223	1,0096	0,9997	0,9976	1,0116
20.	1273	1,0091	0,9996	0,9976	1,0111
21.	1323	1,0088	0,9995	0,9976	1,0106
22.	1373	1,0084	0,9995	0,9976	1,0102
23.	1423	1,0080	0,9994	0,9976	1,0098
24.	1473	1,0077	0,9994	0,9977	1,0094
25.	1523	1,0074	0,9993	0,9977	1,0091
26.	1573	1,0072	0,9993	0,9977	1,0088



5-rasm. Metall oksidlarini is gazi bilan tiklanish jarayonida muvozanat doimiyliklari haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi

Haroratning ortishi mazkur karbotermik tiklanish kimyoviy reaksiyalarida Gibbs energiyasining o'zgarishi hamda muvozanat doimiyligiga ta'siri tadqiq qilindi. Bunga ko'ra, 1573 K da (yoki 1300°C da) qattiq uglerod bilan boradigan tiklanish reaksiyalarining barchasi ijobiy ko'rsatkichlarga ega, ya'ni barcha kimyoviy reaksiyalar amaliy jihatdan sodir bo'ladi. Lekin is gazi bilan boradigan tiklanish jarayonida faqatgina mis quyi oksidining va fayalitni oahk ishtirokida tiklanish reaksiyalari sodir bo'la oladi.

Mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini qattiq uglerod va is gazi bilan tiklanish jarayoning termodinamik tahlilidan olingan natijalar qiymatlari va shu qiymatlardan olingan xulosalar ishlab chiqarish amaliyotidan olingan tajriba natijalari bilan solishtirilganda bu qiymatlar bir-biriga to'liq mos kelishi aniqlandi. Mis ishlab chiqarishning silikatli shlaklarini qattiq uglerod bilan ohak ishtirokida eritish pechlarida 1573 K (yoki 1300°C) haroratda qayta ishlash natijasida metallashgan xomashyo olish imkoniyati mavjud degan yakuniy xulosaga kelindi.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Matkarimov S.T. Development of copper slag processing technology by low-temperature reduction. – Tashkent. Technical science and innovation, 2021. – № 3, – pp. 136-146.
2. Matkarimov S.T. Past haroratni pasaytirish orqali mis shlaklarini qayta ishlash texnologiyasi // Kompozitsionnyye materialy, 2021. – № 3. 125-128 b.
3. Xojiyev Sh.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov U.A. Uglerod ishtirokida magnetitni kamaytirishning ba'zi termodinamik jihatdari // Tekhnicheskije nauki. Elektron ilmiy jurnal, 2021. – № 3(84), 1-5 b.
4. Karimjonov B.R., Matkarimov S.T., Nuraliev O.U., Ochilidiev K.T., Yuldasheva N.S. Po'lat ishlab chiqaruvchi changni kompleks qayta ishlash texnologiyasi // Tekhnicheskije nauki. Elektron ilmiy jurnal, 2021. – № 11 (92), 1-5 b.
5. Mirzajonova S.B., Matkarimov S.T., Bahodirova N.K., Mirsoatov B.U. Misni qayta ishlash zavodining qoldiqlarini qattiq fazali temirni qayta ishlash orqali qayta ishlash texnologiyalari // Tekhnicheskije nauki. Elektron ilmiy jurnal, 2021. – № 12(93), 1-5 b.
6. Matkarimov S.T., Berdiyarov B.T., Nosirkhujayev S.K., Ochilidiev K.T., Marjorie B.L. Processing of slags of copper manufacturing with the use of ideal mixing equipment. – Tashkent. Tekhnicheskije nauki i innovatsii, 2020. – № 3, pp. 227-233.
7. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Matkarimov Z.T. Technology for the complex recycling slags of copper production// Journal of Critical Reviews, 2020. – Vol. 7, Issue 5, pp. 214-220.
8. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Berdiyarov B.T., Nosirkhujayev S.K., Matkarimov Z.T. Technology of deep processing of copper slags by method of active thermal gravity// International Journal of Science and Technology, 2020. – Vol. 29, – № 3, pp. 5633-5639.
9. Ellingham, H.J.T. (1944), J. Soc. Chem. Ind. (London) T. 63:125.
10. Yusupxodjayev A.A., Mirzajonova S.B., Hoiyev Sh.T. Piro metallurgiya jarayonlari nazariyasi [Matn]: darslik. – Toshkent: "Tafakkur" nashriyoti, 2020. – 300 b. ISBN 978-9943-24-295-1.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 1(88) pp. 68-73

**Turakhodjaev N.D.**, Head of the Department of "Casting Technology", Professor.  
**Matkarimov S.T.**, Assistant Professor of the Department of "Metallurgy", PhD.  
**Berdiyarov B.T.**, Assistant Professor, head of the Department of "Metallurgy", PhD.  
**Yuldasheva N.S.**, Master student in the Department of "Metallurgy".

**Tashkent State University named after I. Karimov, Uzbekistan.**

Thermodynamic laws of iron-containing compounds processing in the composition of copper production slags by means of ore-thermal reduction method have been analyzed in the article. The possible direction of carbothermic reactions between oxidized slag compounds and carbon has been estimated with the change of thermodynamic values of the system. The thermodynamic justification of physical and chemical processes, occurring during the carbothermic reduction of metal oxides in slag, was based on the method of assessing the equilibrium of chemical reactions based on the change in Gibbs energy with increasing temperature and the determination of the slowest (limiting) chemical process. Microsoft Excel has been used to determine the thermodynamic values of chemical reactions occurring in the system of slag and reducing agent and to create their Ellingham plots.

**Keywords:** copper slag, Ellingham plots, thermodynamics, ore thermal reduction, Gibbs free energy, magnetite, equilibrium constant, carbon, carbon dioxide, mathematical expression, treatment.

## Bibliographic list:

1. Matkarimov S.T. Development of copper smelting slag processing technology by low-temperature reduction // Tashkent. Technical science and innovation, 2021. – № 3. – pp. 136-146.
2. Matkarimov S.T. Technology for processing copper smelting slags by low-temperature reduction // Kompozitsionnyye materialy, 2021. – №3, pp.125-128.
3. Khozhiev Sh.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov U.A. Some thermodynamic aspects of reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: Tekhnicheskije nauki. Electronic scientific journal, 2021. – No. 3 (84), pp. 1-5.
4. Karimzhonov B.R., Matkarimov S.T., Nuraliev O.U., Ochilidiev K.T., Yuldasheva N.S. Technology of complex processing of steelmaking dust//Universum: Tekhnicheskije nauki. Electronic scientific journal, 2021. – No. 11 (92), pp. 1-5.
5. Mirzajonova S.B., Matkarimov S.T., Bahodirova N.K., Mirsoatov B.U. Technologies for processing the tailings of copper-processing plants through solid-phase iron reduction//Universum: Tekhnicheskije nauki. Electronic scientific journal, 2021. – No. 12 (93), pp. 1-5.
6. Matkarimov S.T., Berdiyarov B.T., Nosirkhujayev S.K., Ochilidiev K.T., Marjorie B.L. Processing of slags of copper manufacturing with the use of ideal mixing equipment. – Tashkent. Tekhnicheskije nauki i innovatsii, 2020. – № 3, pp. 227-233.
7. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Matkarimov Z.T. Technology for the complex recycling slags of copper production// Journal of Critical Reviews, 2020. – Vol. 7, Issue 5. pp. 214-220.
8. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Berdiyarov B.T., Nosirkhujayev S.K., Matkarimov Z.T. Technology of deep processing of copper smelting slags by method of active thermal gravity // International Journal of Science and Technology, 2020. – Vol. 29, № 03, pp. 5633-5639.
9. Ellingham, H.J.T. (1944), J. Soc. Chem. Ind. (London) T. 63: 125.
10. Yusupkhodjaev A.A., Mirzajonova S.B., Hajiyev S.T. Theory of pyrometallurgical processes [Text]: textbook. –Tashkent: «Taskakur» Publishing House, 2020. – 300 p. ISBN 978-9943-24-295-1.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАБАЛАНСОВЫХ ОКИСЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАЛЬМАКЫР»



**Рахманов И.Ю.**,  
начальник Алмалыкского  
ОЭТЦ ГУ «ИМР»



**Абдурахмонов С.А.**,  
профессор кафедры «Металлургия»  
Алмалыкского филиала ТГТУ  
им. И. Каримова, д.т.н., профессор



**Шакаров Т.И.**,  
доцент кафедры «Металлургия»  
Алмалыкского филиала  
НИТУ МИСиС, к.т.н.

*Qolmaqir koni balansiga kirmagan oksidlangan rudalarini qayta ishlashning ratsional texnologiyasini tanlash maqsadida maqolada ushbu rudalarning kimyoviy, minerologik, granulometrik tarkibi, asosiy qimmatbaho komponentlarning (Cu, Au, Ag) zarrachalarning yirikligiga qarab tarqalganligi, hamda vaqt birligida rudalarning yanchilishi o'rganilgan.*

**Tayanch iboralar:**oksidlangan ruda, texnogen chiqindi, o'tga chidamli ruda, ratsional texnologiya, elak analizi, boyitish, sharhi tegirmon.

*В целях выбора рациональной технологии переработки забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр» в работе изучен их химический, минералогический, гранулометрический составы, распределения основных ценных компонентов (Cu, Au, Ag) по классу крупности, а также измельчаемость руды в зависимости от времени.*

**Ключевые слова:** окисленная руда, техногенный отход, упорная руда, рациональная технология, ситовой анализ, обогащение, шаровая мельница.

Одной из важных проблем горнодобывающих предприятий является переработка техногенных отходов и отвалов некондиционных окисленных руд. Проблема переработки окисленных руд на сегодняшний день является одной из актуальных проблем для АО «Алмалыкский ГМК». По сведениям о техногенных отходах АО «Алмалыкский ГМК», забалансовых окисленных руд (минералы сформировавшиеся в условиях многолетней мерзлоты в зоне криоминералогенеза) месторождения «Кальмакыр» (на отвалах №№ 8а, 9, 10, 39, А-4) на сегодняшний день накопилось около 70 млн. т. Среднее содержание основных компонентов медь – 0,317%; золото – 0,48 г/т; серебро – 2,2 г/т.

Окисленные руды содержат от 50% до 100% отн. меди в окисленной форме, по характеру содержания окисленных минеральных форм и их флотационной способности их разделяют на неупорные и упорные. В неупорных рудах медьсодержащие минералы представлены чаще простыми, легко флотируемыми соединениями, к ним относятся в убывающем порядке: малахит, азурит, брошантит, куприт, тенорит, самородная медь, золото и в незначительных количествах сульфиды – халькозин, халькопирит.

Минеральный состав упорных руд более сложен и характеризуется, наряду с обычными окисленными минералами, наличием сложного комплекса фосфатных и силикатных соединений меди, таких как хризоколла, псевдомалахит, либетенит, бирюза, элит, медистые галлуазиты, смеси каолинита с хризоколлой, в которых медь находится в связанной форме. Содержание связанной меди в упорных рудах составляет около 30%. Для упорных руд характерно пропитывание окисленными медными минералами нерудной части или тонкое распределение их в породе, нередко в виде коллоидной и тонкодисперсной фазы, а также аморфных образований малахита. На обогатимость руд, помимо степени окисленности, значительное влияние оказывают вмещающие породы. Неупорные руды, как правило, залегают во вторичных кварцитах (их ограниченное количество) с содержанием окислов кремнезема ( $Si_2$ ) более 65% и глинозема ( $Al_2O_3$ ) менее 10%; упорные -

в каолинизированных сиенитах, с превышением  $Al_2O_3$  и снижением  $SiO_2$ . Золото в окисленных рудах встречается в виде трех генераций: тонкодисперсное в первичных сульфидах, свободное тонковкрапленное в кварце, сериците и др. (размером в сотые доли миллиметров); вторичное золото в малахите и вторичных сульфидах [1].

А также в ближайшие годы намечается переработка руд месторождений «Ешлик-1» и «Ешлик-2», в которых окисленные и смешанные руды находятся в верхних горизонтах.

Вовлечение забалансовой окисленной руды в производство меди значительно увеличивают сырьевые базы обогатительных фабрик и медеплавильного завода АГМК.

Для выбора рациональной технологии переработки забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр» необходимо детально изучить (исследовать) их химический, минералогический, гранулометрический составы, распределения основных ценных компонентов (Cu, Au, Ag) по классу крупности, а также измельчаемости руды по времени.

Данная работа посвящена изучению вышесказанных свойств забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр».

*Химический состав пробы забалансовой руды.*

Химический состав технологических проб забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр» из отвалов №№ 8а, 9, 39 (проба №№ 1, 2, 3) определяли с использованием рентгенофлуоресцентного, фотометрического, объемного комплексометрического, атомно-абсорбционного, оптико-эмиссионного и гравиметрического методов анализа. Химический состав пробы исходной руды представлен в табл. 1.

По данным, представленным в табл. 1, установлено, что химический состав проб забалансовой окисленной руды месторождения «Кальмакыр» на 85% представлен литофильными компонентами. Основным из них является кремнезем, на долю которого приходится 65,14%. Доля глинозема находится на уровне 11,44%. Суммарное количество щелочных и щелочноземельных металлов составляет 4,25%. Массовая доля двуокиси углерода

**Химический состав технологических проб исходной руды**

Таблица 1

Элемент, компонент	Массовая доля, %			Элемент, компонент	Массовая доля, %		
	проба № 1	проба № 2	проба № 3		проба № 1	проба № 2	проба № 3
SiO <sub>2</sub>	62,52	69,26	63,64	Cu	0,131	1,142	0,997
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,57	9,47	12,27	Zn	0,005	0,006	0,011
CaO	2,1	0,7	0,7	Pb	0,061	0,042	0,031
MgO	<0,1	<0,1	<0,1	Sn	0,104	0,105	0,105
K <sub>2</sub> O	1,27	0,75	1,65	Ni	0,709	0,724	0,73
Na <sub>2</sub> O	0,2	0,15	0,54	Ti	0,204	0,077	0,052
MnO	0,01	<0,01	0,01	Nb	0,0006	0,0012	0,0011
TiO <sub>2</sub>	0,71	0,38	0,54	Sr	0,008	0,018	0,036
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,35	0,39	As	0,007	0,009	0,005
Fe <sub>общ</sub>	9,33	9,83	9,33	Ga	0,003	0,008	0,008
Fe <sub>окисл</sub>	7,69	8,48	7,13	Co	0,01	0,009	0,011
Fe <sub>сульфид</sub>	1,64	1,35	2,20	Mo	0,008	0,010	0,012
S <sub>общ</sub>	1,57	0,34	0,3	Au, г/т	0,36	1,11	1,25
S <sub>сульфат</sub>	0,59	-	0,2	Ag, г/т	1,82	3,63	4,25
CO <sub>2</sub>	0,44	-	0,22	H <sub>2</sub> O	1,24	0,36	0,92

составляет 0,44%. Рудообразующие элементы в пробах исходной руды месторождения «Кальмакыр» представлены железом и серой. Количество железа находится на уровне 9,49%. Преобладает железо в окисленной форме. Массовая доля серы составляет 0,74%. Порядка 30% серы находится в сульфатной форме. Оставшаяся сера входит в состав сульфидных минералов.

Другие цветные металлы, а также вредные примеси, такие как мышьяк, сурьма и ртуть, в пробе отмечаются в количестве, не превышающем сотых и тысячных долей процента.

*Минералогический состав проб забалансовых окисленных руд.*

Для определения минерального состава проб забалансовой окисленных руд месторождения «Кальмакыр» выполнены дифрактометрический, количественный минералогический анализы. Проведено картирование на автоматизированном минералогическом комплексе Qemscan.

Дифрактометрический анализ позволяет определить состав руды по основным минералам, доля которых в пробе более 1%. Минеральный состав пробы руды представлен в табл. 2.

По данным, представленным в табл. 2, видно, что пробы забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр» на более чем 90% представлены породообразующими минералами. Среди них, существенно преобладает кварц, доля которого находится на уровне 39,6-52,3%. Количество полевых шпатов, представленных калиевыми полевыми шпатами и плагиоклазами, в среднем составляет 13%. В пробе присутствует хлорит, доля которого составляет 4,5%. Слюда, представленная серицитом и мусковитом, а также забалансовая окисленная руда характеризуется наличием глинистой фракции, представленной гидрослюдой и каолинитом, среднее суммарное количество в пробах составляет 24,2%.

Наличие высокой доли слюдяных минералов и глинистой составляющей может вызвать осложнения при переработке руды, так как эти минералы при измельчении способствуют образованию шламов.

По результатам минералогического анализа можно считать забалансовые окисленные руды месторождения «Кальмакыр» как окисленными и смешенными.

*Гранулометрический анализ.*

Для выяснения гранулометрического состава дробленных технологических проб забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр», по классам крупности, проведен ситовой анализ по ГОСТ 24598-81. Ситовой анализ осуществлялся комбинированным методом. При этом, первоначально отсеивали класс крупности -0,074 мм мокрым способом, затем высушенный надрешетный продукт отсеивали сухим способом на требуемые классы. Результаты приведены в табл. 3. Результаты

гранулометрического состава и распределение металлов в пробах 39, 9 и 8а по классам крупности показывают, что содержание меди, золота и серебра повышается по классам крупности в 2-3 раза в мелких классах, но так как выход крупных классов (более -0,5 мм) больше чем мелких, то и распределение металлов в крупных выше. Молибден в пробах 39 и 9 по классам, распределен практически равномерно, наблюдается повышение (140-290 г/т) в мелких классах в пробе 8а.

*Измельчаемость технологических проб исходной забалансовой окисленной руды месторождения «Кальмакыр».*

Для выяснения характера измельчаемости проб были проведены опыты по измельчению технологических проб в шаровой мельнице типа МШЛ-14К в течение различного времени.

Измельчение осуществлялось при постоянной шаровой загрузке в соотношении Т:Ж:Ш=0,8:2,4:11. Измельченные пробы подвергались мокрому грохочению по классу -0,074 мм. Результаты мокрого измельчения приведены на рис. 1. На рисунке видно, что оптимальное время нужно для измельчения до 80% по классу крупности -0,074 мм 20 мин.

На основании исследований сделаны основные выводы.

Рудообразующие элементы в пробах исходной руды месторождения «Кальмакыр» представлены железом и серой.

**Таблица 2**  
**Минеральный состав пробы забалансовой руды**

Минерал, группа минералов	Массовая доля, %		
	проба № 1	проба № 2	проба № 3
<b>Породообразующие минералы</b>			
Кварц	40,2	52,3	39,6
Хлорит	4,0	4,0	5,0
Калиевые полевые шпаты	ч. зн.	ч. зн.	6,0
Плагиоклазы	13,0	7,5	12,5
Слюда (серицит, мусковит, биотит, глина, гидрослюда, каолинит)	25,5	22,0	25,0
Карбонаты (кальцит, доломит)	0,8	ед. зн.	ед. зн.
<b>Рудные минералы</b>			
Пирит	1,0	0,1	0,19
Халькопирит	0,2	0,05	0,08
Халькозин, ковеллин, борнит, блеклая руда	0,1	0,15	0,23
Окислы меди	0,1	1,1	0,9
Молибденит, сфалерит, галенит, арсеницит	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.
Оксиды, гидроксиды железа	7,0	9,0	10,0
<b>Акцессорные минералы</b>			
Акцессорные	1,2	1,2	1,3

Результаты ситового анализа гранулометрического состава дробленых технологических проб забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр»

Класс крупности, мм	Выход		Содержание, %				Извлечение, %			
	%		Cu	Mo	Au, г/м	Ag, г/м	Cu	Mo	Au	Ag
<b>проба № 1</b>										
+2	16,27	100	0,10	0,0021	0,19	1,13	11,62	7,12	8,59	10,10
-2+1	21,0	83,73	0,11	0,0033	0,23	1,68	16,50	14,44	13,13	19,38
-1+0,63	16,6	62,73	0,09	0,0042	0,21	1,21	10,32	14,53	9,68	11,04
-0,63+0,45	0,45	46,13	0,10	0,0018	0,32	1,61	0,32	0,17	0,40	0,40
-0,45+0,25	8,18	45,68	0,11	0,0025	0,35	1,5	6,43	4,26	7,95	6,74
-0,25+0,1	3,01	37,5	0,12	0,0010	0,37	1,55	2,58	0,63	3,09	2,56
-0,1+0,074	3,25	34,49	0,08	0,0062	0,47	1,83	1,81	4,20	4,24	3,27
-0,074+0	31,24	31,24	0,23	0,0084	0,61	2,71	50,43	54,67	52,93	46,52
Итого	100	–	0,14	0,0048	0,36	1,82	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>проба № 2</b>										
+2	18,50	100	0,92	0,0042	0,72	2,44	14,90	13,47	12,00	12,44
-2+1	22,40	81,50	0,95	0,0056	0,63	2,11	18,63	21,63	12,71	13,02
-1+0,63	16,20	59,10	1,04	0,0039	0,92	3,05	14,77	10,89	13,43	13,61
-0,63+0,45	0,95	42,90	1,10	0,0035	1,03	5,42	0,92	0,57	0,88	1,42
-0,45+0,25	7,32	41,95	0,99	0,0031	1,26	3,12	6,34	3,91	8,31	6,29
-0,25+0,1	3,20	34,63	1,24	0,0078	1,35	3,58	3,49	4,30	3,91	3,16
-0,1+0,074	3,62	31,43	1,32	0,0110	1,24	4,51	4,18	6,87	4,04	4,50
-0,074+0	27,81	27,81	1,51	0,0080	1,78	5,95	36,77	38,36	44,72	45,58
Итого	100	–	1,14	0,0058	1,11	3,63	100,0	100,0	100,0	100,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>проба № 3</b>										
2	25,65	100	0,91	0,0062	0,77	3,57	23,41	19,88	15,80	21,55
-1	23,38	74,35	0,88	0,0044	0,88	3,62	20,64	12,86	16,46	19,89
0,63	16,12	50,97	0,81	0,0094	0,91	3,68	13,10	18,94	11,67	13,96
0,45	1,4	34,85	0,95	0,0063	0,83	4,56	1,33	1,10	0,93	1,50
0,25	6,32	33,45	0,93	0,0102	1,00	3,44	5,90	8,06	5,06	5,12
0,1	3,04	27,13	0,73	0,0083	1,12	4,64	2,23	3,14	2,72	3,32
0,074	3,38	24,09	1,15	0,0093	1,83	5,91	3,90	3,93	4,95	4,70
-0,074	20,71	20,71	1,42	0,0124	2,56	6,15	29,50	32,10	42,41	29,97
Итого:	100	–	0,99	0,0080	1,25	4,25	100,0	100,0	100,0	100,0

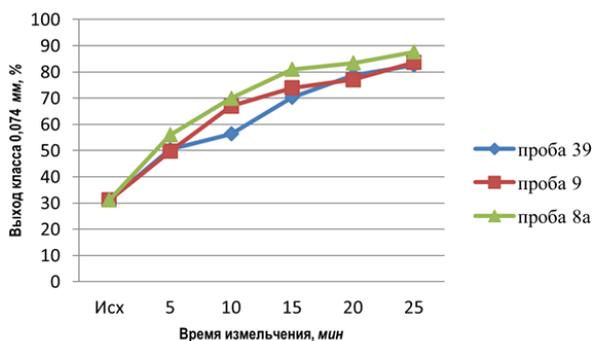


Рис. 1. Диаграмма измельчения технологических проб забалансовых окисленных руд месторождения «Кальмакыр»

Количество железа находится на уровне 9,49%. Преобладает железо в окисленной форме. Массовая доля серы составляет 0,74%. Порядка 30% серы находится в сульфатной форме. Оставшаяся сера входит в состав сульфидных минералов.

Другие цветные металлы, а также вредные примеси, такие как мышьяк, сурьма и ртуть, в пробе отмечаются в количестве, не превышающем сотых и тысячных долей процента.

Из таблиц видно, что ценными компонентами являются Cu, Au, Ag и попутно возможно Mo.

Наличие высокой доли слюдястых минералов и глинистой составляющей может вызвать осложнения при переработке руды, так как эти минералы при измельчении способствуют образованию шламов.

По результатам минералогического анализа можно считать забалансовые окисленные руды месторождения «Кальмакыр» как окисленными, так и смешанными.

Результаты гранулометрического состава и распределения металлов в пробах 39, 9 и 8а по классам крупности показывают, что содержание меди, золота и серебра повышается по классам крупности в 2-3 раза в мелких классах, но так как выход крупных классов (более -0,5 мм) больше чем мелких, то и распределение металлов в крупных выше. Молибден в пробах 39 и 9 по классам распределен практически равномерно, наблюдается повышение (140-290 г/м) в мелких классах в пробе 8а.

#### Библиографический список:

1. Санакулов К. Перспективы переработки окисленных медных руд месторождения Кальмакыр. Горный вестник Узбекистана, – № 3, 2009. – С. 47-50.
2. Абрамов А.А. Технология переработки и обогащение руд цветных металлов. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. – Т. 3. – 566 с.
3. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых руд цветных металлов. – М.: Изд-во МГГУ, 2004. – Т. 1. Обогащительные процессы и аппараты. – 467 с.
4. Остапенко П.Е. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. Справочник, – М.: Недра, 1990. – 264 с.
5. <https://bik.sfu-kras.ru>
6. <http://www.eruda.ru>

## ELEKTRON LOMDAN METALLARNI AJRATIB OLISH IMKONIYATLARI



**Xo'jamov U.U.,**  
NDKI «Metallurgiya» kafedrası  
assistenti, doktorant



**Samadov A.U.,**  
I. Karimov nomidagi TDTU  
Olmaliq filiali direktori, dotsent, t.f.d.

*Odatda, elektron-hisoblash mashinalari, ya'ni kompyuterlar bir nechta qismlardan iborat bo'lib, ularning har birida kichik yoki sezilarli miqdordagi metallar mavjud. Zamonaviy axborot texnologiyalari sanoati tobora ko'proq simsiz ulanishlardan foydalanishga intilmoqda, bu esa eski kompyuterlarni bosqichma-bosqich utilitatsiya qilish bilan yangi texnologiyalarni yaratishga yordam beradi. Buning natijasida tarkibida metallar bo'lgan eski elektron jihozlarning katta miqdori to'planib qolmoqda. Shuning uchun elektron lomni qayta ishlash masalasi bugungi kunning dolzarb muammosi sanaladi. Shu sababli, elektron chiqindilarni qayta ishlash masalasi bugungi kunda dolzarb muammodir. Bu masalani hal qilish uchun ilmiy tadqiqotlar va laboratoriya tajribalari talab etiladi. Maqolada ilmiy tadqiqotlarning birlamchi natijalari keltirilgan, asosiy vazifalardan biri xom ashyo tarkibini o'rganish va uni qayta ishlash usullarini tanlashdir.*

**Tayanch iboralar:** elektron parchalar, elektron-hisoblash mashinalari, tub plata, sulfat kislota, nitrat kislota, spektrometr, quritish, filtrlash, tanlab eritish, elementlar tahlili.

*Обычно электронно-вычислительные машины, то есть компьютеры состоят из нескольких частей и в каждой из них содержатся в малом или в значительном количестве металлы. Современная индустрия информационных технологий все выше стремится к использованию беспроводных соединений, что способствует созданию новых технологий с постепенной утилизацией старых компьютеров. В связи с этим, образуется большое количество старых электронных приборов, в составе которых имеются металлы. Поэтому, вопрос переработки электронного лома является актуальной проблемой сегодняшнего дня. Решение этого вопроса требует проведения научных исследований и лабораторных опытов. В статье изложены первичные результаты научных исследований, одной из основных задач выступает изучение состава исходного сырья и выбор способов его переработки.*

**Ключевые слова:** электронный лом, электронно-вычислительные машины, материнская плата, серная кислота, азотная кислота, спектрометр, сушка, фильтрация, выщелачивание, элементный анализ.

Ko'pgina mamlakatlar tomonidan resurslarni tejash siyosati amalga oshirilayotganiga qaramay, dunyoda mineral xom ashyoga bo'lgan talab tez sur'atlar bilan o'sib bormoqda. Bu bir tomondan ilm-fan va texnikaning jadal rivojlanishi, ikkinchi tomondan dunyo aholisining o'sishi bilan bog'liq. O'tgan asrda aholi soni 3,5 barobar o'sdi va bugungi kunda qariyb 7,4 milliard kishini tashkil etadi. Har bir insonning qulayligini ta'minlash uchun qancha minerallar kerakligini tasavvur qilish qiyin emas. Olimlarning hisob-kitoblariga ko'ra, har yili yer ostidan 100 milliard tonnadan ortiq turli mineral xom ashyo va yoqilg'i qazib olinadi. Eng qulay foydali qazilma konlari tezda tugaydi. Prognozlarga ko'ra, foydali qazilmalarning asosiy turlari 21-asming ikkinchi yarmigacha davom etadi. Bu optimistik prognozlar bo'lib, geologiya-qidiruv ishlari samaradorligini oshirish, yangi yirik konlarni ochish, xom ashyoni qazib olish va qayta ishlash usullarini takomillashtirish zarur. Pessimistik prognozlarga ko'ra, qo'rg'oshin va rux rudalari, qalay, oltin, kumush, platina, nikel, kobalt, alyuminiy va boshqalarning oson qazib olish mumkin bo'lgan konlarining zaxiralari yaqin o'n yilliklarda tugaydi. Rangli, nodir, noyob va radioaktiv metallar xomashyo bazasining kamayishi dolzarb vazifa sifatida ta'kidlangan bo'lib, uning yechimi ilmiy asoslarni ishlab chiqish va ruda konlari chiqindilaridan yuqoridagi metallarni ajratib olishning maqsadga muvofiqligini baholashni o'z ichiga oladi va ularning konsentratsiyasi, gidrometallurgiya va pirometallurgik qayta ishlash usullarini qo'llash zarurligini anglatadi. O'tgan asrda konmetallurgiya sanoatining qizg'in faoliyati jarayonida milliardlab tonna chiqindilar hosil bo'ldi. Bir paytlar sifatsiz va balansda bo'lmagan bu

chiqindilarga bugungi kunda qiziqish ortib bormoqda, chunki ulardagi qimmatli komponentlar miqdori dastlabki rudadagi qimmatli komponentlar tarkibiga teng. Shunday qilib, qazib olish va qayta ishlash jarayonida to'plangan chiqindilarni texnogen konlar deb hisoblash mumkin. Ilmiy-texnika taraqqiyoti metallarning tobora ko'proq iste'mol qilinishiga olib keladi, bu tibbiyot, og'ir va engil sanoat, mashinasozlik, kosmonavtika, harbiy qurollar va boshqalarda o'z aksini topadi.

Sanoatda nodir metallarga bo'lgan talabning oshib borishi ularning tabiiy zaxiralari bilan chegaralanadi. Dunyo bo'yicha baholanishi 87,1 ming *tonnad*an iborat aniqlangan oltin zaxiralari yetarli darajada qazib olingan, asosan, qiymatdor konlar resurslari tamom bo'lgan. Oxirgi yillarda oltin bo'lgan narx-navoning oshib ketganligi bois, oltin qazib olish korxonalariga kambag'al konlarni qazib olishga kirishdilar. Ularni resikling jarayoni deb nomlanuvchi tegishli qayta tiklash bilan iste'mol va ishlab chiqarish o'rtasidagi uzilishning ma'lum bir darajada o'rni to'ldirildi. Sanoatda qazib olish va undan foydalanish jarayonida oltin deyarli destruksiyaga uchramaganligi sababli, uni ikkilamchi qayta ishlash – metall qazib olingandan keyingi tavsiya etiladigan ikkinchi usuldir.

2015 yilda qabul qilingan BMT dasturidagi davlatlarning barqaror rivojlanishi maqsadlaridan biri iste'mol qilish va ishlab chiqarishning maqbul modellariga o'tish hisoblanadi. Bunda resurslar va energiyadan foydalanish samaradorligini kuchaytirish ko'zda tutilgan, resurslardan foydalanish hajmi qisqartirilishi lozim. Ikkilamchi resurslardan foydalanish iste'mol qilinadigan tabiiy zaxiralarni qisqartirish usullaridan

1-jadval

Tanlab eritmaga o'tkazishdan oldingi elementli tahlil natijalari

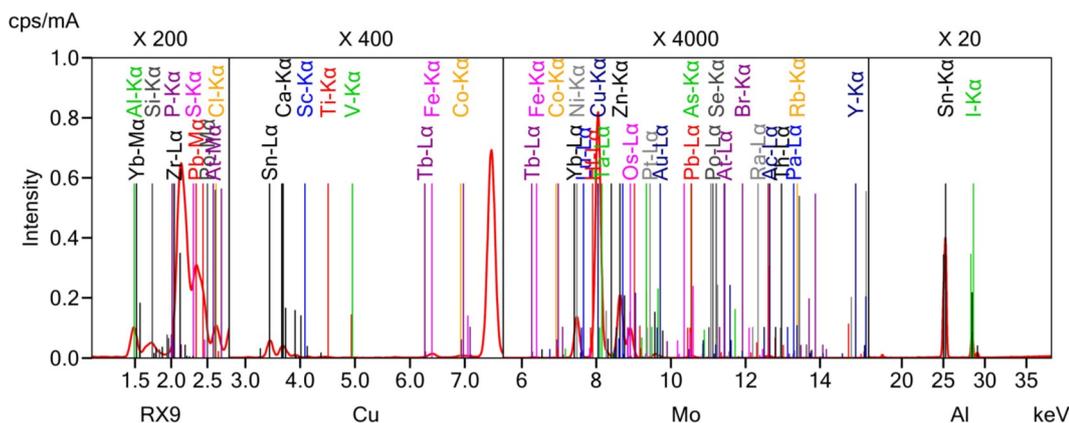
№	Elementlar	Qiymati	O'lchov birligi
1.	Cl	0,181	vazni, %
2.	Br	0,0064	
3.	Al	4,37	
4.	Si	0,868	
5.	P	0,0901	
6.	S	0,824	
7.	Ca	0,359	
8.	Ti	0,0355	
9.	V	(0,0037)	
10.	Fe	0,0427	
11.	Co	(0,0113)	
12.	Ni	9,95	
13.	Cu	60,9	
14.	Zn	15,5	
15.	As	0,0866	
16.	Y	(0,0034)	
17.	Zr	0,564	
18.	Sn	4,04	
19.	Au	0,698	
20.	Pb	1,37	

2-jadval

Sulfat kislotada tanlab eritmaga o'tkazilgandan so'ng eritmaning elementli tahlili natijalari

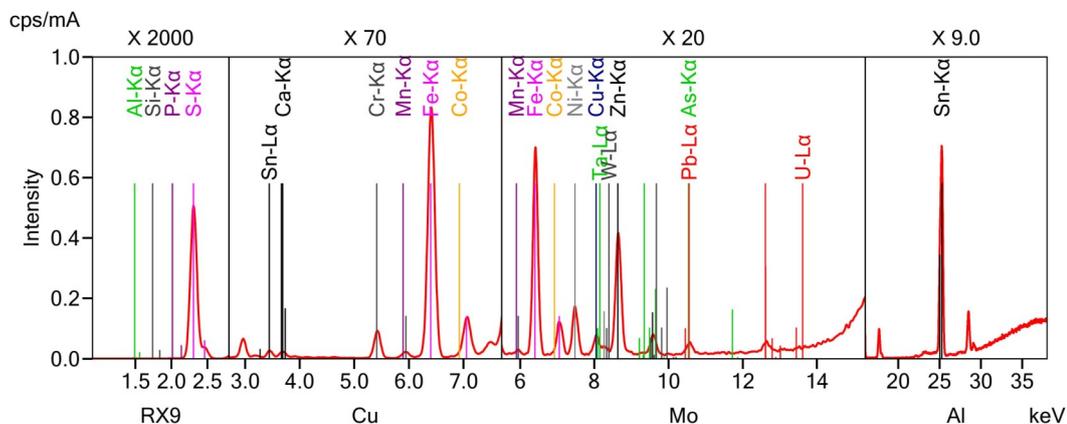
№	Tarkibi	Qiymati	O'lchov birligi
1.	Umumiy	885	mg/sm <sup>2</sup>
2.	Al	8930	ppm (10 <sup>-6</sup> )
3.	Si	526	ppm (10 <sup>-6</sup> )
4.	P	401	ppm (10 <sup>-6</sup> )
5.	S	158000	ppm (10 <sup>-6</sup> )
6.	Ca	137	ppm (10 <sup>-6</sup> )
7.	Cr	218	ppm (10 <sup>-6</sup> )
8.	Mn	26,1	ppm (10 <sup>-6</sup> )
9.	Fe	1010	ppm (10 <sup>-6</sup> )
10.	Co	(7,01)	ppm (10 <sup>-6</sup> )
11.	Ni	114	ppm (10 <sup>-6</sup> )
12.	Cu	33,4	ppm (10 <sup>-6</sup> )
13.	Zn	156	ppm (10 <sup>-6</sup> )
14.	As	(1,91)	ppm (10 <sup>-6</sup> )
15.	Sn	1590	ppm (10 <sup>-6</sup> )
16.	Ta	(9,82)	ppm (10 <sup>-6</sup> )
17.	W	(8,69)	ppm (10 <sup>-6</sup> )
18.	Pb	12,8	ppm (10 <sup>-6</sup> )
19.	U	(1,97)	ppm (10 <sup>-6</sup> )
20.	H <sub>2</sub> O	82,9	ppm (10 <sup>-6</sup> )

## Spectrum



1-rasm. Dastlabki xom-ashyoning rentgen-fazali tahlili

## Spectrum



2-rasm. Sulfat kislotada tanlab eritilgandan keyingi eritmaning rentgen-fazali tahlili

biri sanaladi. "Jahon iqtisodiyotida ikkilamchi xom ashyoni qayta ishlash doimiy ravishda o'sib bormoqda. Ikkilamchi xom ashyodan qimmatbaho metallarni ajratib olish ikkilamchi resurslardan foydalanish masalasining bir qismi hisoblanadi, bu quyidagi jihatlarni o'z ichiga oladi: me'yoriy-huquqiy, tashkiliy, sertifikatli, texnologik, ekologik, moliyaviy-iqtisodiy. Sanoat sohaslarining texnik qayta jihozlanayotganligi bois, kompyuterlar, qo'shimcha jihozlar va boshqa hisoblash texnika vositalarida (HTV) mavjud bo'lgan qimmatbaho materiallardan – ikkilamchi xom ashyodan foydalanish masalasi dolzarb sanaladi".

Qimmatbaho metallarga oltin, kumush, platina, palladiy, rodiy, iridiy, ruteniy hamda ushbu metallar har birining kimyoviy birikmalari va qotishmalari kiradi. Elektron lomda qimmatbaho metallarning massa ulushi o'rtacha 0,1-0,15% ni tashkil etadi, ulardan: oltin – 0,02-0,05%; kumush – 0,07-0,08%; platina – 0,005-0,01%; palladiy – 0,01-0,016%; rodiy – kamida 0,0015%. Elektron lomda rangli, noyob va tarqoq metallarning jami qiymati qimmatbaho metallar qiymati bilan tengdir. Odatdagi ikkilamchi xom ashyodan tashqari, qimmatbaho metallarning oz miqdori chiqindilari ham qayta ishlanadi, bular, asosan, umumiy miqdorda 3 kg/t gacha oltin, kumush, palladiy, mis va qalay mavjud bo'lgan elektron texnika lomlari, telefon qurilmalari hamda 0,3-1,75 kg/t Pt; 0,15-0,7 kg/t Pd; 0,35 kg/t Rh miqdori ishlatib bo'lingan katalizatorlar, shuningdek, ishlatib bo'lingan kino- va fotomateriallar va rentgen plenkalidir (10–30% Ag).

Aniqlanishicha, lomlardan faqat oltinni ajratib olish, uning miqdori juda pastligi bois, foydasizdir. Shuning uchun ko'p komponentli lomlarni qayta ishlashda ko'zlangan asosiy maqsadlardan biri undan platina guruhi metallarini, mis, qalay, qo'rg'oshin, nikel va boshqa komponentlarni ajratib olishdir.

Elektron lomni tadqiq qilish uchun stol kompyuterlarining tub platasi tanlab olindi, chunki eski markali kompyuterlarning tub platasi hozirgi zamon talablariga javob bermaydi, bu ularni qayta ishlashga asosiy sabab bo'la oladi. Elektron lomni qayta ishlash uchun qo'lda saralash qayta ishlashning dastlabki bosqichi sanaladi, unda metalli qism plastmassadan ajratiladi. Bizning holatda nometall qismlarni ajratib olish chuqur tahlilni talab qiladi, chunki simli qismlarning ayrimlari juda ingichka va bir-biriga tig'iz joylashgan. Shu boisdan, qo'lda saralash

bilan nometall qismlarni to'liq ajratib olish imkonsiz. Maydalagichlar yordamida qayta ishlangandan so'ng yirik nometall qismlarni qo'lda ajratish tavsiya etiladi, bu metalli qismlarni nometallilardan ajratish imkonini beradi. Dastlabki qo'lda saralash yordamida arjatib olingan metalli qattiq namunani rentgenli spektrometriya tahlili o'tkazish orqali tarkibida mis, rux, qalay va boshqa metallardan mavjudligi va ularning miqdori aniqlanildi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan. Rentgen fazali tahlil natijalari 1-rasmda keltirilgan.

Dastlabki xom-ashyo tarkibi aniqlangandan so'ng qayta ishlash usullarini o'rganib chiqish lozim. Adabiyotlar tahlili va ilmiy izlanishlar natijasida, hamda electron lom tarkibidagi metallarning xossalariidan kelib chiqib tadqiqotlar sulfat kislota va nitrat kislota yordamida amalga oshirildi. Dastlab tajribalar sulfat kislotadan foydalanish bilan olib borildi. Buning asosiy sababi kislolaning arzonligi va topish osonligi sanaladi. Tajriba sinovlarini bajarish uchun qizdirgich kolba, ozon generatori, uch og'izli kolba va aralastirish uchun shisha aralastirgich tanlab olindi. 30,18 g elektron lomni eritish uchun 250 g/l konsentratsiyali 500 ml sulfat kislota eritmasi tayyorlandi. So'ngra kolbadagi eritma qizdirgich kolbaga o'matildi va jadal aralastirish bilan 80°C harorat berildi. Jarayonni tezlashtirish uchun 60 daqiqadan so'ng ozon generatori ishga tushirildi va trubka kolba og'zi orqali eritmaga tushirildi. Jarayonning borishida eritma hajmi kamayganligi kuzatildi va bu tajribani 1 soat 15 daqiqa o'tgandan so'ng to'xtatishga sabab bo'ldi. Eritish jami 2 soat 15 daqiqada amalga oshirildi. Olingan eritma filtr qog'ozdan foydalanib filtrlanildi va buning natijasida 240 ml eritma olindi. Olingan eritma quritish shkafida 100°C haroratda 20 daqiqa davomida quritildi va 29,55 g og'irlikdagi quritilgan mahsulot olindi. Olingan natijadan kelib chiqib xulosa qilish mumkinki, bunday sharoitda metallar juda oz eriydi, ya'ni, dastlabki lom massasidan olingan cho'kindi massasini ayirib, 0,63 gramga teng bo'lgan erigan metall massasiga ega bo'lamiz, bu metallarning 0,02% eritmaga o'tganligini anglatadi. Bunga energodispersion rentgenli fluoresentli spektrometr bilan o'tkazilgan tahlil natijalari isbot bo'la oladi. Tahlil natijalari 2-jadval va 2-rasmda keltirilgan.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki ushbu ko'rsatkich juda past ko'rsatkich hisoblanadi, shuning uchun azot kislotadan foydalanish bilan tajribani davom ettirish maqsadga muvofiqdir.

## Bibliografik ro'yxat:

1. Karpuxin A.I. Asl metallarni qayta ishlashning istiqbolli texnologiyalari // Karpuxin A.I., Stelkina I.I., Rybkina S.G. va boshqalar // Rangli metallar, 2007. – № 5. 29–31 b.
2. Samadov A.U., Xuzamov U.U., Usmonov Sh.A. Elektron qoldiq rangli metallar ishlab chiqarishning qo'shimcha manbai sifatida // "Mineral xomashyo va sanoat chiqindilarini samarali qayta ishlash istiqbollari va innovatsion yondashuvi" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy onlayn konferensiya. – Olmaliq, 2021. – 164 b.
3. Loleit S.I. "Shchelkovskiy ikkilamchi qimmatbaho metallar zavodi" OAJda ikkilamchi xom ashyoni analitik nazorat va sertifikatlash // Zavodskaya laboratoriyasi. Materiallar diagnostikasi. – 2009. – № 6. 69-74 b.
4. Samadov A.U., Xuzaqulov N.B., Aripov A.R., Xuzamov U.U., Xamidov R.A. Gidrometallurgiya zavodlarining chikindi omborini geotexnolog tadqiqoti metodologiyasi // O'zbekiston konchilik xabarnomasin. – Navoiy, 2019. – 2-son. 11-13 b.
5. Telyakov A.N. Radiotexnika chiqindilaridan rangli va qimmatbaho metallarni olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish: spek. 05.16.02 "Qora, rangli va nodir metallar metallurgiyasi": dis. ... texn. fan. nomz. Telyakov Aleksey Nailevich. G.V. Plexanov nomidagi davlat konchilik instituti. – Sankt-Peterburg, 2007. – 177 b.
6. Narzullaev Dj.N., Hamidov R.A., Hujamov U.U., Sirojov T.T., Turobov Sh.N. Elektron chiqindilardan rangli metallarni olishning samarali texnologiyasini tadqiq qilish // "Texnika, matematika va informatika fanlarining xalqaro ilmiy sharhi" IX Xalqaro ilmiy ixtisoslashtirilgan konferensiya. – Boston, AQSH, 2019 yil 12 fevral.
7. Yillik hisobot. 2018 // UNIDO – Birlashgan Millatlar Tashkilotining sanoatni rivojlantirish tashkiloti. URL: [http://www.unido.ru/upload/files/a/annual\\_report\\_2018\\_rus.pdf](http://www.unido.ru/upload/files/a/annual_report_2018_rus.pdf).

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ДОЭВТЕКТОИДНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ



**Бердиев Д.М.,**  
заведующий кафедрой  
«Обработка металлов давлением»  
ТГТУ им. И. Каримова, д.т.н., профессор



**Юсупов А.А.,**  
доцент кафедры  
«Обработка металлов давлением»  
ТГТУ им. И. Каримова, PhD



**Ибодуллаев Т.Н.,**  
ассистент кафедры  
«Обработка металлов давлением»  
ТГТУ им. И. Каримова

*Maqolada evtektoid oldingi kostruksion po'latlari siklik termik ishlov berilishda strukturaning shakllanish xususiyatlari ko'rib chiqilgan, siklik termik ishlov berilish uchun qizdirishda fazasiz qayta kristallanish va to'liq fazali qayta kristallanish jarayoni o'rganilgan.*  
**Tayanch iboralar:** kostruksion po'latlar, siklik termik ishlov berilish, dislokatsiya zichligi, induksion qizdirish, qattiqlik.

*В статье рассматриваются особенности структурообразования при термоциклической обработке доэвтектоидных конструкционных сталей, изучен процесс термоциклической обработки при нагреве безфазовой перекристаллизации и с полной фазовой перекристаллизацией.*

**Ключевые слова:** конструкционные стали, термоциклическая обработка, плотность дислокаций, индукционный нагрев, твердость.

Низколегированные и углеродистые стали длительное время были, и в обозримом будущем останутся основными конструкционными материалами для машиностроения, особенно, сельскохозяйственного. Однако, традиционные возможности повышения их эксплуатационных характеристик близки к предельным. Поэтому, наряду с изменением их химического состава (микролегирование, повышение металлургического качества и др.) большое внимание в последнее время уделяется разработке путей совершенствования структурно-фазового состояния стальных изделий методами нестационарного, термоциклического воздействия. Термоциклическая обработка (ТЦО) известна с середины XX века [1-3]. Повышенный интерес к ней сейчас обусловлен широкими перспективами управления структурообразованием сталей и сплавов для повышения эксплуатационных свойств изделий [4-8]. Эффективность ТЦО с точки зрения достижимости свойств определяется режимом ТЦО, количеством циклов, скоростью нагрева и охлаждения, а также химическим составом стали. Анализ результатов выполненных работ показывает, что в основе обрабатываемых режимов ТЦО лежат закономерности фазовых превращений при нагреве и охлаждении стали, как в условиях полиморфного превращения, так и без него [4]. Работы в этой области свидетельствуют о достаточно широком использовании ТЦО в целях оптимизации структуры и свойств различных сплавов [5-8].

Являясь технологически более сложным процессом, по сравнению с традиционными операциями термической обработки, ТЦО может быть рекомендована к применению только в тех ситуациях, когда это обусловлено необходимостью достижения качественно нового уровня свойств, особенно, если ТЦО удастся совместить с другими операциями технологического цикла обработки изделий [4]. Ярким примером подобных изделий являются быстро изнашиваемые детали почвообрабатывающих агрегатов. Специфика этих деталей требует применения недорогих конструкционных сталей.

Интенсификация почвообработки, характерная для мирового сельского хозяйства, предъявляет повышенные требования к долговечности этих деталей. Очевидно, что повышение долговечности этих деталей и агрегатов в целом было актуальным в XX веке и остается актуальным в XXI веке [9]. Основными факторами повышения долговечности обсуждаемых деталей является повышение прочностных характеристик и абразивной износостойкости.

В статье представлены результаты выполненных исследований по упрочнению ряда конструкционных сталей для почвообрабатывающих агрегатов с применением термоциклического индукционного нагрева.

Были исследованы образцы сталей 20, 40X и 65Г промышленной выплавки, регламентируемых ГОСТ 3541-79. В качестве эталонного материала использовали образцы армо-железа.

Проведены анализы: металлографический – на микроскопе МИМ-8М [10]; рентгеноструктурный – на установке ДРОН-2.0. Определено состояние тонкой структуры стали, плотность дислокации, количество остаточного аустенита, период кристаллической решетки, количество углерода в фазах закаленной стали [11].

*Индукционная термоциклическая обработка без фазовой перекристаллизации.* Были выполнены исследования циклического нагрева стали 65Г (установка индукционного нагрева ВЧГ2-100/066) с последующим ускоренным охлаждением на воздухе. Охлаждение на воздухе с принудительной циркуляцией позволяет повысить скорость охлаждения выше традиционной нормализации. В этом случае появляется возможность получения более дисперсной тросто-сорбитной структуры. Такая обработка близка по своей сути к одинарной термической обработке по Н.А. Минкевичу. Температура нагрева при термическом цикле была выбрана заводом ниже точки  $A_{c1}$  (450, 550 и 700 °C). Это позволило оценить влияние термических напряжений и формируемого ими фазового наклепа без полной фазовой перекристаллизации (табл. 1).

Установлено, что структурные изменения при низкотемпературном ТЦО состоят в сфероидизации карбидной фазы. С повышением температуры ТЦО ожидаемо степень глобулярности цементита увеличивается за счет повышения диффузионной подвижности углерода.

Твердость и уровень напряжений второго рода нелинейно зависят от параметров низкотемпературной ТЦО. Повышение температуры ТЦО от 450 до 700 °С (1 цикл) снижает твердость за счет более интенсивной сфероидизации карбидной фазы. Аналогичная зависимость наблюдается для первых трех (четырёх) циклов ТЦО. На пятом цикле для всех температур ТЦО фиксируется повышение твердости. Причем с повышением температуры твердость после пятого цикла растет значительно. Анализ кинетики изменения уширения рентгеновской линии позволяет понять причины указанного явления. Термические остаточные напряжения, характеризующие уширением рентгеновской линии, нелинейно зависят от числа циклов ТЦО. Уменьшение остаточных напряжений после второго, третьего цикла обусловлено релаксационными процессами. С повышением температуры эта тенденция проявляется более ярко. Так для второго цикла ТЦО при 700 °С среднее уширение рентгеновской линии составило только 8,72, для аналогичного процесса при 400 °С уже 9,45. К пятому циклу при всех температурах ТЦО возрастают остаточные напряжения и обусловленное ими уширение рентгеновской линии. С повышением температуры напряжения ожидаемо возрастают из-за увеличения градиента температур. По этой же причине возрастает и твердость. Существенным является известный факт микропластической деформации при ТЦО из-за интенсивных теплосмен и различия термического расширения элементов гетерофазной структуры. Таким образом, происходит развитие дислокационной структуры, а повышенная температура ведет к полигонизации. Полигонизационная структура, хотя и не имеет высокий уровень дефектности кристаллического строения, обладает высокой термической стабильностью. При повторном нагреве, выше точки фазового превращения, полигонизованные структуры обеспечивают создание структур с высокой плотностью дислокаций [12, 13]. Результаты испытаний на абразивное изнашивание в условиях незакрепленного абразивного материала согласуются с данными микро- и субмикроисследований образцов.

*Индукционная термоциклическая обработка с фазовой перекристаллизацией.*

Был выполнен комплекс исследований по индукционной ТЦО ряда конструкционных сталей (сталь 20, 40Х) [14, 15]. Авторский опыт свидетельствует, что для быстропотекающих процессов термической обработки следует учитывать разницу структурных превращений на поверхности и в сердцевине изделий. Для индукционной ТЦО при малых размерах образцов (10×10×55 мм) были обнаружены существенные различия в кинетике структурообразования в сердцевине и на поверхности.

Был подтвержден факт полигонизации и рекристаллизации структуры стали в результате ТЦО. Для определения влияния фазового наклепа на структурообразование поверхности и сердцевины стали (20, 40Х) во время циклических фазовых превращений были выбраны образцы с крупнозернистой структурой, полученной предварительным отжигом при 1000 °С в защитной атмосфере в течение 2 ч. Схема ТЦО была выбрана с полным прямым и обратным аустенитным превращением (нагрев выше  $A_{c3}$ ), а интенсивность теплосмен составила 1, 2, 4, 6 циклов со скоростью нагрева и охлаждения в циклах 30...40 °С/с и 3...5 °С/с соответственно. Было установлено, что индукционная ТЦО изменяет структуру до 9 (сталь 20) и 13 (сталь 40Х) балла. Однако, в структуре из-за объемных полиморфных превращений происходит накопление напряжений второго рода, которые вызывают микропластическую деформацию зёрен, повышающую

Таблица 1

Изменение свойства стали 65Г после индукционного термоциклирования с последующим охлаждением на воздухе

№	Изменение свойств	Количество циклов				
		1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл	5 цикл
<b>Нагрев до 450 °С</b>						
1.	Твердость, <i>HV</i>	269	255	241	241	255
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{cp}$ , $10^{-3}$ рад	9,87	9,45	9,69	9,27	9,88
<b>Нагрев до 550 °С</b>						
1.	Твердость, <i>HV</i>	241	229	241	207	207
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{cp}$ , $10^{-3}$ рад	9,1	9,59	8,71	8,3	8,3
<b>Нагрев до 700 °С</b>						
1.	Твердость, <i>HV</i>	229	217	207	255	285
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{cp}$ , $10^{-3}$ рад	9,88	8,72	9,3	12,5	12,8

Таблица 2

Влияние режима ТЦО на размер кристаллитов стали 20

Вид обработки	Размер кристаллитов по рентгеноструктурному анализу, <i>нм</i>					
	110	200	211	220	310	222
НКЛ	110	200	211	220	310	222
Полный отжиг	144	144	200	170	113	125
ТЦО, 4 цикла	261	212	240	200	171	220
ТЦО, 6 циклов	260	225	340	350	253	282

плотность дефектов кристаллического строения. Пластическая деформация зёрен сопровождается рекристаллизацией, которая протекает с разной интенсивностью и проходит до определенной стадии.

На поверхности (сталь 20) образца (4 и более циклов) рекристаллизация наклепанных зёрен доходит до собирательной стадии, что сопровождается увеличением диаметра отдельных зёрен (с 10 мкм до 125 мкм) и снижением твердости с *HV* 178 до *HV* 157. Такая картина характерна для слабодеформированного сплава, когда рост зёрен происходит за счет слияния в одно крупное, путем «растворения» границ. Процесс слияния зёрен не требует значительных диффузионных процессов. Существенно, что слияние может происходить одновременно по всем поверхностям межзёренного раздела. На межзёренных границах происходит концентрация дислокаций. Их аннигиляция, по сути, и есть «растворение» границ зёрен. Для незавершенного процесса слияния характерна разнотернистость с небольшим количеством крупных зёрен и большим количеством мелких. Интенсивный рост зёрен в слабо деформированной структуре наблюдается при быстром индукционном нагреве, если процесс нагрева медленный, то процесс полигонизации успевает пройти и рост зерна, по механизму слияния, не происходит. В сердцевине (сталь 20, 40Х) формируется устойчивая полигональная структура и происходит «рекристаллизация на месте», сопровождаемая ростом субзёрен. Это подтверждается рентгеноструктурным анализом образцов, в которых наблюдается увеличение кристаллитов с 150 *нм* (отжиг) до 300 *нм* (6 циклов) (табл. 2). Последующий изотермический отжиг показал, что полигональные структуры довольно устойчивы и сохраняются длительное время, препятствуя протеканию обычной рекристаллизации. Было выявлено, что снижение твердости и изменения структуры стали начинаются только после 4 ч рекристаллизационного отжига. Структура сталей 20 и 40Х из мелкозернистой превращается в структуру, характеризующую вторичную стадию рекристаллизации. В сердцевине сталей происходит избирательный рост зёрен, диаметр кото-

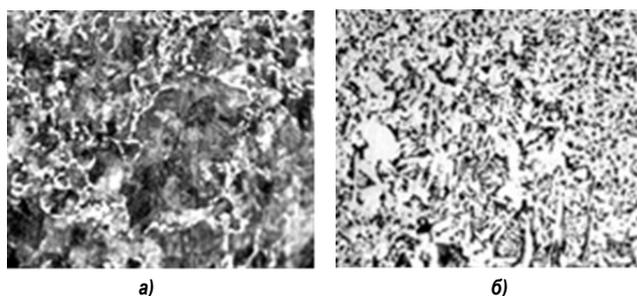


Рис. 1. Микроструктура сердцевины после 4-х термоциклов и отжига стали 40X (а) и 20 (б) ( $\times 100$ )

рых доходил до 1500 мкм и твердостью HV 120, а сохранившиеся в структуре мелкие зёрна (диаметр 15 мкм) имели твердость HV 150...160. Такая структура и твердость характеризует полностью завершённый процесс рекристаллизации зерен с предварительной степенью деформации 3...8%, близкой критической (рис. 1). На контрольной группе отожженных образцов сталей (20, 40X) подвергнутых повторному отжигу не обнаружено изменений в механических свойствах и микроструктуре. Твердость зерен феррита (сталь 20) сохранялась в течение 4 ч в интервале HV 120...125, а размер зёрен не превысил 5 баллов.

Литературный анализ и собственные исследования позволили уточнить механизм микропластической деформации и структурной рекристаллизации среднеуглеродистых низколегированных сталей при ТЦО. Отсутствие выдержки при верхней температуре цикла, ведет к тому, что рекристаллизация не успевает пройти полностью. К моменту достижения нижней температурной границы цикла, в объеме стали происходит накопление дефектов кристаллического строения и возрастает доля наклепанных нерекристаллизованных зёрен.

Дополнительно к этому объему добавляются зерна, в которых при обратном превращении аустенита в феррито-перлитную структуру создаются напряжения, релаксация которых происходит в результате микропластической деформации скольжением, возникающая из-за малой подвижности границ.

Последующая ТЦО увеличивает количество нерекристаллизованных зёрен, способствует накоплению фазовых напряжений и, как следствие, повышению степени деформации зёрен. В результате, на поверхности и в сердцевине протекает рекристаллизация различной интенсивности. На поверхности она доходит до собирательной стадии, а в сердцевине наблюдается только полигонизация и рост субзёрен.

В результате проделанных работ сделаны следующие выводы:

Индукционное ТЦО конструкционной стали без фазовой пере- кристаллизации в интервале температур 400-700 °С формирует остаточные термические напряжения, обуславливающие повышение плотности дислокаций, развитие начальных стадий рекристаллизации. Это обеспечивает формирование полигональной, термически устойчивой субструктуры и повышение твердости стали.

Индукционное ТЦО конструкционных сталей с полной фазовой пере- кристаллизацией в интервале температур 600-940 °С приводит к развитию рекристаллизационных процессов различной интенсивности на поверхности в сердцевине стального образца. Фазовый наклеп не устраняется полностью при нагреве, и степень деформации зерен возрастает с каждым циклом охлаждения.

В результате, после 4-х и более циклов ТЦО в поверхностном слое протекает собирательная рекристаллизация, которая формирует зерна диаметром 60 мкм, на фоне мелких зерен диаметром 16 мкм. В сердцевине (сталь 20) сохраняется мелкодисперсная структура (диаметр 8...12 мкм) и протекают процессы полигонизации и «рекристаллизация на месте», о чем свидетельствует укрупнение кристаллитов с 150 нм (отжиг) до 300 нм (6 циклов).

## Библиографический список:

1. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин // Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. – Л.: Знание, 1989. – 241 с.
2. Кидин И. Н. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1969. – 376 с.
3. Тихонов А.С. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов. – М.: Наука, 1984. – 168 с.
4. Биронт В.С. Теория термической обработки металлов. СФУ: ИЦМиЗ. – Красноярск, 2007. – 234 с.
5. Гурьев А.М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / Гурьев А.М., Ворошин Л.Г., Хараев Ю.П. // Ползуновский вестник. Часть 2, 2005. – № 2. – С. 36-44.
6. Гурьев А.М. Циклическое тепловое воздействие при ТО и ХТО инструментальных сталей / Гурьев А.М., Ворошин Л.Г. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – Барнаул: АГТУ, 2005. – № 3. – С. 37-46.
7. Евдокимов А.И. Циклическая закалка стали ХВГ // Металлургия, 2002. – № 9. – С. 33-34.
8. Effect of cyclic heat treatment on microstructures and mechanical properties of directionally solidified Ti-46Al-6Nb alloy / Hong-ze FANG [and ot.] // Trans. Nonferrous Met. Soc. – China 25 (2015), pp.1872-1880.
9. Константинов В.М. Комплексное повышение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга // Упрочняющие технологии и покрытия, 2014. – № 12. – С. 3-7.
10. Батаев В.А., Батаев А.А., Алхимов А.П. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей. – М.: Наука, 2007. – 224 с.
11. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. – М.: МИСИС, 1994. – 328 с.
12. Бердиев Д.М., Юсупов А.А. Повышение износостойкости зубьев зубчатых колес циклической закалкой с индукционным нагреванием // Вестник машиностроения. – № 3, 2020. – С. 50-53.
13. Berdiev D.M., Yusupov A.A. Improving the Wear Resistance of Gear Teeth by Cyclic Quenching with Inductive Heating // Russian Engineering Research. 2020. – Vol. 40. – No. 6, pp. 473-475.
14. Ткаченко Г.А. Электро-химико-термическая обработка крепежных элементов почвообрабатывающих машин / Ткаченко Г.А., Константинов В.М. Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр. // БНТУ. – Минск, 2008. – Вып. 31. – С. 358-371.
15. Константинов В.М., Ткаченко Г.А. Упрочнение быстро изнашиваемых деталей почвообрабатывающих плугов нитроцементацией с локальным циклическим индукционным нагревом // Упрочняющие технологии и покрытия, 2011. – № 2. – С. 44-50.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ БУРЕНИЯ СКВАЖИН И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Maqolada tog' jinslarining to'yinganligini tahlil qilish sifatida mineral konlarda ularni yanada qo'llash uchun elektromagnit texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy etish taklif etiladi. Maqola nazariy va eksperimental, tadqiqot, ishlanmalar va ularning natijalariga bag'ishlangan.

**Tayanch iboralar:** elektromagnit to'lqinlar, mikroto'lqinli oqim, quduq, ruda, to'yinganlik, aks ettirish, qidiruv.

В статье предлагается разработка и внедрение электромагнитных технологий для их дальнейшего применения на месторождениях полезных ископаемых, в качестве анализа насыщенности горных пород. В статье проводятся теоретические и экспериментальные, научно-исследовательские разработки и их результаты.

**Ключевые слова:** электромагнитные волны, сверхвысокочастотный ток, скважина, руда, насыщенность, отражение, разведка.



**Сайдалимов А.С.,**  
заведующий группы  
АО «O'ZLITINEFTGAZ»

На сегодняшний день существуют различные методы исследования горной породы на наличие полезных и драгоценных минералов и металлов. Большая часть исследований опирается на химические методы анализа горных пород. Для более глубокого анализа, на начальной стадии разведки и разработки предлагается рассмотреть применение волновых технологий с использованием высокочастотных волн.

Для сопоставления и выделения преимуществ, были теоретически рассмотрены опыты и исследования работ в данном направлении, согласно результатам, технологии средней и короткой волны могут служить в подавляющем большинстве случаев только для

определения структуры месторождения, наличия нарушений, содержания крупных объектов, таких, как крупные окатанные обломки горной породы, валуны.

Содержащиеся в таких образованиях соединения металлов могут отражать надвигающийся на них фронт электромагнитных волн, тем самым создают нежелательные крупные центры отражения волн. Это явление препятствует более глубокому проникновению волн, и заметно сокращает радиус области исследования. Самым важным преимуществом применения высокочастотных электромагнитных технологий является большая глубина, порядка 25 м в глубину от источника излучения [1]. Также, одним из преимуществ

Таблица 1

Данные зависимости излучаемой мощности от обводнённости пласта, содержания глин и расстояния при номинальной мощности 700 Вт

Обводнённость, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	0	0	0	0	0	0
расстояние, м	при содерж. 10% воды	при содерж. 20% воды	при содерж. 30% воды	при содерж. 40% воды	при содерж. 50% воды	при содерж. 60% воды
0,01	709	708	707	706	704	701
0,5	693	688	680	669	655	638
1	650	644	633	617	597	573
1,5	591	583	569	550	526	496
2	524	514	499	477	448	414
2,5	457	446	429	404	373	334
3	395	383	364	337	303	261
3,5	340	328	307	278	241	195
4	293	280	258	227	187	138
4,5	253	239	215	182	140	88
5	219	204	180	145	100	46
5,5	191	175	149	113	66	9
6	167	151	124	85	37	–
6,5	147	130	101	62	11	–
7	130	112	83	42	–	–
7,5	115	97	66	24	–	–
8	102	83	52	8	–	–
8,5	91	72	40	–	–	–
9	82	62	29	–	–	–
9,5	74	53	19	–	–	–
10	66	45	10	–	–	–

Продолжение табл. 1

Обводнённость, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	1	1	3	4	5	5
расстояние, м	при содерж. 10% воды и 1% глины	при содерж. 20% воды и 1% глины	при содерж. 30% воды и 3% глины	при содерж. 40% воды и 4% глины	при содерж. 50% воды и 5% глины	при содерж. 60% воды и 5% глины
0,01	709	708	705	702	698	694
0,5	691	685	665	642	613	589
1	648	639	611	579	538	503
1,5	588	577	543	503	453	411
2	520	508	468	423	364	316
2,5	453	439	395	344	278	224
3	391	376	327	271	199	140
3,5	336	320	267	207	129	65
4	288	271	215	150	67	–
4,5	248	230	170	102	14	–
5	214	195	132	60	–	–
5,5	185	165	99	23	–	–
6	161	140	71	–	–	–
6,5	141	119	47	–	–	–
7	123	100	26	–	–	–
7,5	108	85	8	–	–	–
8	95	71	–	–	–	–
8,5	84	59	–	–	–	–
9	75	49	–	–	–	–
9,5	66	40	–	–	–	–
10	59	32	–	–	–	–

Таблица 2

Данные зависимости излучаемой мощности от обводнённости пласта, содержания глин и расстояния при номинальной мощности 500 Вт

Обводнённость, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	0	0	0	0	0	0
расстояние	при содерж. 10% воды	при содерж. 20% воды	при содерж. 30% воды	при содерж. 40% воды	при содерж. 50% воды	при содерж. 60% воды
0,01	506	505	504	502	500	498
0,5	490	486	478	467	453	435
1	452	446	434	419	399	375
1,5	400	392	379	360	335	305
2	345	336	320	298	270	235
2,5	293	282	265	240	209	170
3	247	235	216	189	155	112
3,5	208	195	175	146	108	63
4	176	162	140	109	69	20
4,5	149	135	111	78	36	–
5	127	112	88	53	8	–
5,5	109	94	68	31	–	–
6	94	78	51	13	–	–
6,5	82	65	37	–	–	–
7	71	54	25	–	–	–
7,5	63	44	14	–	–	–
8	55	36	5	–	–	–
8,5	49	29	–	–	–	–
9	43	23	–	–	–	–
9,5	38	18	–	–	–	–
10	34	13	–	–	–	–

ществ данной технологии является возможность управления направлением излучения. Для данной технологии, необходимо пробурить скважину с открытым стволом или с закачиванием обсадки скважины с использованием полимерных технологий в исследуемой области скопления ценных минералов. Электромагнитные волны, проникая в горную породу, распространяются, рассеиваются, а при встрече металлических частиц содержащих в горной породе,

начинают отражаться и отраженные волны, возвращаясь (проходя через скважину) начинают отслеживаться детектором излучения, благодаря которому можно определить род металлов, их содержание и глубину залегания.

В случаях, где в изучаемой области имеются большие скопления крупных горных образований, таких как валуны, рекомендуется модернизация детектора путем увеличения их числа и расположения их

Продолжение табл. 2

Обводненность, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	1	1	3	4	5	5
расстояние	при содерж. 10% воды и 1% глины	при содерж. 20% воды и 1% глины	при содерж. 30% воды и 3% глины	при содерж. 40% воды и 4% глины	при содерж. 50% воды и 5% глины	при содерж. 60% воды и 5% глины
0,01	505	504	502	498	494	491
0,5	489	483	463	440	411	386
1	450	441	413	381	339	305
1,5	398	387	352	313	262	220
2	342	330	290	244	186	137
2,5	289	275	231	180	114	60
3	243	228	179	123	51	–
3,5	203	187	135	74	–	–
4	171	154	97	33	–	–
4,5	144	126	66	–	–	–
5	122	103	40	–	–	–
5,5	104	83	17	–	–	–
6	88	67	–	–	–	–
6,5	76	54	–	–	–	–
7	65	42	–	–	–	–
7,5	56	33	–	–	–	–
8	48	24	–	–	–	–
8,5	42	17	–	–	–	–
9	36	10	–	–	–	–
9,5	31	4	–	–	–	–
10	27	–	–	–	–	–

Таблица 3

**Измерение зависимости излучаемой мощности от обводненности, содержания глин и расстояния при номинальной мощности 350 Вт**

Обводненность, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	0	0	0	0	0	0
расстояние	при содерж. 10% воды	при содерж. 20% воды	при содерж. 30% воды	при содерж. 40% воды	при содерж. 50% воды	при содерж. 60% воды
0,01	347	347	345	344	342	339
0,5	334	329	321	310	296	279
1	302	295	284	269	249	225
1,5	261	253	239	220	196	166
2	219	209	194	172	143	109
2,5	181	170	153	128	97	58
3	149	137	118	91	57	15
3,5	123	110	90	61	23	–
4	102	89	67	35	–	–
4,5	85	71	48	15	–	–
5	72	57	32	–	–	–
5,5	61	45	19	–	–	–
6	52	35	8	–	–	–
6,5	44	27	–	–	–	–
7	38	20	–	–	–	–
7,5	33	14	–	–	–	–
8	28	9	–	–	–	–
8,5	24	5	–	–	–	–
9	21	1	–	–	–	–
9,5	18	–	–	–	–	–
10	16	–	–	–	–	–

на дистанции друг от друга, что позволяет прорисовать общую картину не только в двухмерном, но и в трехмерном пространстве, тем самым, можно получить более детальную характеристику содержания ценных минералов и других образований для проведения дальнейших работ. Для проверки теоретических разработок, была построена модель горной породы, длиной до 30 м, со специальными отсеками для определения мощности проходящих электромагнитных волн.

Данная модель горного образования специально была создана для определения характера распространения электромагнитных волн. Для этого, в модель горной породы были добавлены алюмосиликаты, оксиды меди, железа и другие вулканические осадочные породы. При этом в специальные отсеки были установлены детекторы электромагнитного излучения, которые фиксировали объем проходящих, поглощаемых и отражаемых электромагнитных волн.

Продолжение табл. 3

Обводненность, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	1	1	3	4	5	5
расстояние	при содерж. 10% воды и 1% глины	при содерж. 20% воды и 1% глины	при содерж. 30% воды и 3% глины	при содерж. 40% воды и 4% глины	при содерж. 50% воды и 5% глины	при содерж. 60% воды и 5% глины
0,01	347	346	343	340	336	332
0,5	332	326	306	283	254	230
1	300	291	263	231	189	155
1,5	258	247	213	173	123	81
2	215	203	163	118	59	11
2,5	177	163	119	68	2	–
3	145	130	81	25	–	–
3,5	118	102	50	–	–	–
4	97	80	24	–	–	–
4,5	80	62	2	–	–	–
5	66	47	–	–	–	–
5,5	55	35	–	–	–	–
6	46	25	–	–	–	–
6,5	38	16	–	–	–	–
7	32	9	–	–	–	–
7,5	26	3	–	–	–	–
8	22	–	–	–	–	–
8,5	18	–	–	–	–	–
9	14	–	–	–	–	–
9,5	11	–	–	–	–	–
10	8	–	–	–	–	–

Таблица 4

Измерение зависимости излучаемой мощности от обводненности, содержания глин и расстояния при номинальной мощности 250 Вт

Обводненность, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	0	0	0	0	0	0
расстояние	при содерж. 10% воды	при содерж. 20% воды	при содерж. 30% воды	при содерж. 40% воды	при содерж. 50% воды	при содерж. 60% воды
0,01	246	245	244	243	241	238
0,5	235	230	222	211	197	180
1	209	202	191	176	156	131
1,5	176	168	155	136	111	81
2	145	135	120	98	69	35
2,5	117	107	89	65	33	–
3	95	83	64	37	3	–
3,5	77	64	44	15	–	–
4	63	49	27	–	–	–
4,5	52	38	14	–	–	–
5	43	28	3	–	–	–
5,5	36	20	–	–	–	–
6	30	13	–	–	–	–
6,5	25	8	–	–	–	–
7	21	3	–	–	–	–
7,5	18	–	–	–	–	–
8	15	–	–	–	–	–
8,5	12	–	–	–	–	–
9	10	–	–	–	–	–
9,5	9	–	–	–	–	–
10	7	–	–	–	–	–

Стало понятно, что большая часть электромагнитных волн, согласно экспериментам, поглощается водосодержащими частями и алюмосиликатами. При этом железосодержащие части пород препятствуют продвижению электромагнитных волн, отражая движущийся фронт волн, что фиксируется детекторами, благодаря чему можно построить геометрию и характер распространения.

Благодаря построению геометрии распространения волн и поглощению их частицами горных пород, можно построить 3D модель распространения и распределения волн в области исследования, что позволит нам в 3-х мерном пространстве показать содержание тех или иных целевых частиц в горной руде, а это в свою очередь позволит определить вектор направления выработки запа-

Продолжение табл. 4

Обводнённость, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	1	1	3	4	5	5
расстояние	при содерж. 10% воды и 1% глины	при содерж. 20% воды и 1% глины	при содерж. 30% воды и 3% глины	при содерж. 40% воды и 4% глины	при содерж. 50% воды и 5% глины	при содерж. 60% воды и 5% глины
0,01	246	245	242	239	235	231
0,5	233	227	207	184	155	131
1	207	198	170	138	96	62
1,5	174	163	128	89	38	–
2	141	129	89	44	–	–
2,5	113	100	55	4	–	–
3	91	76	27	–	–	–
3,5	72	56	4	–	–	–
4	58	41	–	–	–	–
4,5	47	28	–	–	–	–
5	37	18	–	–	–	–
5,5	30	10	–	–	–	–
6	24	3	–	–	–	–
6,5	19	–	–	–	–	–
7	15	–	–	–	–	–
7,5	11	–	–	–	–	–
8	8	–	–	–	–	–
8,5	5	–	–	–	–	–
9	3	–	–	–	–	–
9,5	1	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–

Таблица 5

Измерение зависимости излучаемой мощности от обводнённости, содержания глин и расстояния при номинальной мощности 150 Вт

Обводнённость, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	0	0	0	0	0	0
расстояние	при содержании 10% воды	при содержании 20% воды	при содержании 30% воды	при содержании 40% воды	при содержании 50% воды	при содержании 60% воды
0,01	158	158	157	155	153	151
0,5	150	145	137	126	112	95
1	130	123	112	97	77	53
1,5	107	99	85	66	42	12
2	85	76	60	38	10	–
2,5	67	57	39	15	–	–
3	53	42	22	–	–	–
3,5	42	30	9	–	–	–
4	34	20	–	–	–	–
4,5	27	13	–	–	–	–
5	22	7	–	–	–	–
5,5	17	2	–	–	–	–
6	14	–	–	–	–	–
6,5	11	–	–	–	–	–
7	9	–	–	–	–	–
7,5	7	–	–	–	–	–
8	5	–	–	–	–	–
8,5	4	–	–	–	–	–
9	3	–	–	–	–	–
9,5	2	–	–	–	–	–
10	1	–	–	–	–	–

сов для повышения эффективности и рациональности разработки месторождений ценных металлов.

Электромагнитные технологии берут свое начало с 50-х гг. прошлого столетия, в первую очередь использовались военными в быту, для разогрева продовольствия, но, в последствии, были определены несколько возможных областей, в таких технологиях как

радары, и нефтегазовый сектор для борьбы с различными осложнениями. Существует несколько основных недостатков применения данной технологии. Одним из главных недостатков являются габариты и размеры установки. Для спуска излучателей в скважины, необходимо применять излучатели с нестандартной геометрией. Кроме того, еще одним осложнением применения данной техноло-

Обводнённость, %	10	20	30	40	50	60
Содержание глин	1	1	3	4	5	5
расстояние	при содерж. 10% воды и 1% глины	при содерж. 20% воды и 1% глины	при содерж. 30% воды и 3% глины	при содерж. 40% воды и 4% глины	при содерж. 50% воды и 5% глины	при содерж. 60% воды и 5% глины
0,01	158	157	154	151	147	144
0,5	148	142	122	99	70	46
1	128	119	91	59	17	–
1,5	104	93	59	20	–	–
2	82	70	30	–	–	–
2,5	64	50	5	–	–	–
3	49	34	–	–	–	–
3,5	38	22	–	–	–	–
4	29	12	–	–	–	–
4,5	22	4	–	–	–	–
5	16	–	–	–	–	–
5,5	12	–	–	–	–	–
6	8	–	–	–	–	–
6,5	5	–	–	–	–	–
7	3	–	–	–	–	–
7,5	0	–	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–
8,5	–	–	–	–	–	–
9	–	–	–	–	–	–
9,5	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–

гии являются температурные ограничения, верхние пределы которых варьируют от 50 до 65 °С.

Для эксперимента, были построены насыпные модели пласта с различным содержанием минералов в горной породе. С помощью специального детектора электромагнитного излучения были определены мощности проходящих волн, на основе результатов которых были построены зависимости поглощаемости и проницаемости волн, через те или иные минералы. В ходе экспериментальных измерений, были получены данные [2] зависимости излучаемой мощности от расстояния, обводнённости пласта, содержания глин, а так же номинальной мощности (табл. 1-5).

Двойной электрический слой между водой и нефтью является своего рода отражающим зеркалом для электромагнитных волн. Это даёт возможность более равномерному рассеиванию волн и достижению резонансных частот.

По результатам проведенных расчетов можно сделать вывод что применение электромагнитных волн, для выявления зон максимального скопления необходимых минералов и полезных ископаемых, существенно может не только повысить точность геологоразведки местности, но и сократить материально-финансовые затраты на анализ месторождений полезных ископаемых. Данная технология является более глубокой, и требует более низкие капиталовложения.

#### Библиографический список:

1. Сайдалимов А.С. Изучение процессов, происходящих под воздействием СВЧ излучений в процессе интенсификации скважин. – Т.: АО O'ZLITINEFTEGAZ, 2019.
2. Сайдалимов А.С. Магистерская диссертация «Изучение метода микроволнового воздействия на околоскважинную зону пласта с целью увеличения продуктивности скважин». – Москва, 2019 г. – 107 с.

## ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ МЕТОДОМ НЕСТАНДАРТНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ



**Бердиев Д.М.**,  
заведующий кафедрой  
«Обработка металлов давлением»  
ТГТУ им. И. Каримова, д.т.н., профессор



**Ташматов Р.К.**,  
докторат кафедры  
«Обработка металлов давлением»  
ТГТУ им. И. Каримова



**Абдуллаев А.Х.**,  
соискатель кафедры  
«Обработка металлов давлением»  
ТГТУ им. И. Каримова

*Sovuq shtamplash asbobining eyilish va emirilish xususiyatlarini o'rganish asosida, maqsadli, ya'ni oraliq bo'shatishni qo'llash bilan termik ishlov berish tartibini ishlab chiqish, shtamplash asbobining bardoshliligini 2-3 maratobaga oshirish imkonini berdi.*

**Tayanch iboralar:** termik ishlov berish, qattqlik, dislokatsiya zichligi, oraliq bo'shatish, uglerodli po'lat.

*На основании исследований характера износа и разрушения инструмента для холодной штамповки установлена целесообразность разработки режимов термической обработки, включающих закалку с промежуточным отпуском, что позволило повысить стойкость штампового инструмента в 2-3 раза.*

**Ключевые слова:** термическая обработка, твердость, плотность дислокаций, промежуточный отпуск, углеродистая сталь.

Штампы холодной штамповки находятся в эксплуатации в сложнапряженном состоянии. Они испытывают очень высокое контактное напряжение (300–500 кгс/мм<sup>2</sup>) и высокое удельное давление на рабочую кромку [1].

Для сталей, применяемых при изготовлении штампов холодной деформирования, необходимы твердость, прочность, вязкость [1]. Инструмент с недостаточной твердостью быстро теряет форму и размеры. Однако удовлетворительная работоспособность инструмента возможна при сочетании высокой твердости с достаточной прочностью и вязкостью. Небольшому снижению твердости после закалки на мартенсит (до HRC = 60) отвечает низкий отпуск (150–200 °С), приводящий к увеличению вязкости.

С целью получения достаточной вязкости вырубных штампов выбираются стали небольшой прокаливаемости (углеродистые стали), а твердость ограничивается до HRC = 58–60.

Ознакомление с работой штампового инструмента штамповочных цехов предприятия АО «Узметкомбинат» показало, что для изготовления инструмента для холодной штамповки широко используются стали марок У8, У8А, У10, У10А, 9ХС, а также применяется сталь Х12М и в некоторых случаях вставки из твердого сплава. Наибольший интерес представляет инструмент для операций пробивки, вырубки, отрезки и холодной высадки, испытывающий наибольшие нагрузки. Внешний осмотр инструмента, бывшего в работе, свидетельствует, что ресурс его работы ограничивается в основном из-за износа. Однако имеется случай и хрупкого разрушения, что может быть следствием не только недостаточно точной его центровки, но и недостаточной вязкости материала. Например, разрушение высадочного пуансона, выкрашивание и поломка шли-ца пуансона.

Термическая обработка штампового инструмента для холодной штамповки из углеродистой инструментальной стали заключается в закалке с температуры нагрева –Ac<sub>1</sub> + 30±50 °С. Отпуск закаленной

стали при 180–200 °С обеспечивает достаточную износостойкость и прочность инструмента [2].

Однако, во многих случаях стойкость инструмента не является достаточной, что приводит к дополнительным расходам на изготовление инструмента, наладку оборудования и др. [3].

Для повышения стойкости штампов холодной штамповки из углеродистых инструментальных сталей возможно применение различных способов дополнительного упрочнения: химико-термическая обработка, лазерная обработка [4]. Однако применение химико-термической обработки, также как и лазерной, сопряжено со значительными дополнительными затратами на оборудование. Наиболее приемлемым, является использование нестандартных режимов термической обработки [5, 6]. Этот режим позволяет повышать предел текучести стали за счет использования эффекта «структурного наследования», когда в материале концентрируется максимальная дефектность кристаллической решетки [7, 8]. Использование этого эффекта на вырубных штампах при изготовлении шайб из листа стали 08кп толщиной 2 мм позволило существенно повысить стойкость [6].

Многочисленные опыты по установлению взаимосвязи между износостойкостью и параметрами структуры термически обработанной стали показали зависимость при прочих равных условиях от тонкой структуры [9]. Поэтому в настоящих исследованиях, выбор оптимальной технологии термической обработки производился на основании данных рентгеноструктурного и металлографического анализов.

Все основные исследования были проведены на эвтектоидной углеродистой стали У8 промышленной выплавки. Эта сталь наиболее широко применяется при производстве инструментов для холодной штамповки. Марки стали регламентируются ГОСТ 8559–75.

В настоящих исследованиях было принято целесообразным проводить исследование в условиях нагрева в соляных ваннах, а

закалку осуществить в селитровой ванне. Это обеспечивало сохранение мелкого зерна при окончательной термической обработке и исключение отпуска.

Термическая обработка образцов, как ранее указывалось, заключалась в следующем: нагрев в соляной ванне до температур 820, 900, 1000, 1100, 1150, 1200, 1260 °С; время нагрева – 5 мин. Для обеспечения образования мартенситной структуры после первой закалки охлаждение производилось в воде с переброжкой в масло.

Закаленные образцы имели промежуточный отпуск при температурах 200, 300, 350, 450 °С. Часть образцов не подвергалась промежуточному отпуску.

Повторный нагрев всех образцов также производили в соляной ванне до температуры 820 °С. Время нагрева составляло 5 мин. Охлаждение производилось в режиме выделения по границам аустенитного зерна сетки троостита (селитровая ванна с температурой 180 °С). После травления шлифов (изготовленных из указанных образцов) 4-х процентным раствором азотной кислоты в этиловом спирте, а также насыщенным раствором пикриновой кислоты в этиловом спирте, а также насыщенным раствором пикриновой кислоты с добавками моющих веществ, производили подсчет величины зерна аустенита по ГОСТ 5639–65.

Металлографический анализ выполнялся с помощью микроскопа МИМ-8М с увеличением  $\times 100$  и  $\times 1000$  [10]. Рентгеноструктурный анализ проводили на дифрактометре ДРОН-2.0 [11]. Определяли состояние тонкой структуры стали (плотность дислокаций), количество остаточного аустенита, период кристаллической решетки, количество углерода в фазах закаленной стали. Прокаливаемость стали определяли по ГОСТ 5657–69 на установке торцевой закалки [12].

Результаты измерений приведены на графике (рис. 1). Установлено, что в сравнении с печным нагревом величина зерна аустенита во всех случаях на 1–2 балла мельче.

Можно также утверждать, что проведение первой закалки с температурой нагрева 1100 °С обеспечивает дополнительное уменьшение величины зерна на 1–2 балла. Оптимальной температурой промежуточного отпуска будут 200 °С, 350 °С и 450 °С, обеспечивающих стабильность величины зерна в районе температур первой закалки 1100–1150 °С.

Таким образом, результаты измерения величины аустенитного зерна при нагреве в соляной ванне значительно отличаются от тех, что получены при печном нагреве.

По результатам исследования, определили, что первая закалка и высокая температура способствуют росту аустенитного зерна и игл мартенсита (до 1 балла при температуре нагрева 1260 °С).

Вторая закалка с температурой 820 °С после промежуточного отпуска 450 °С обеспечивает получение мелкоигльчатого мартенсита, причем наиболее мелкоигльчатый мартенсит имеет место, если первая закалка была произведена при температуре 1100 °С. Не растворившихся частиц цемента не обнаружено, что свидетельствует о полном переводе углерода в твердый раствор.

Таким образом, с точки зрения достижения минимального размера зерна аустенита предпочтительным является предварительная закалка 1100 °С, промежуточный отпуск 200, 350 и 450 °С.

Результаты рентгеновских исследований приведены на рис. 2. Как видно из приведенного графика, наблюдается увеличение плотности дислокации, если предварительная закалка была произведена на от температур 1100–1200 °С.

Наиболее устойчивые результаты в этом интервале температуры показали образцы, имевшие после первой закалки промежуточные отпуска 450 °С. Наиболее оптимальной температурой нагрева при предварительной закалке является 1100–1150 °С.

Образование максимума объясняется тем, что при этой температуре происходит растворение тугоплавких примесей – нитридов,

оксидов, оксисульфидов. Химическая микронеоднородность в аустените дает при закалке дробление блоков и рост микронапряжений. Дальнейшее повышение температуры сопровождается гомогенизацией аустенита, а при закалке плотность дефектов кристаллической решетки фазы уменьшается.

Растворение примесных фаз при высокой температуре нагрева обеспечивает их фиксацию в твердом растворе после закалки. При этом, атомы примесей переходят на дислокации и закрепляют их.

Таким образом, в отличие уже имевшихся экспериментальных данных [13] установлено, что максимальная дефектность кристаллического строения (в условиях принятой технологии термической обработки) приходится на те же температуры, при которых она наблюдалась в процессе первой закалки, смещения положения максимума дефектности кристаллического строения в область более высоких температур не наблюдается.

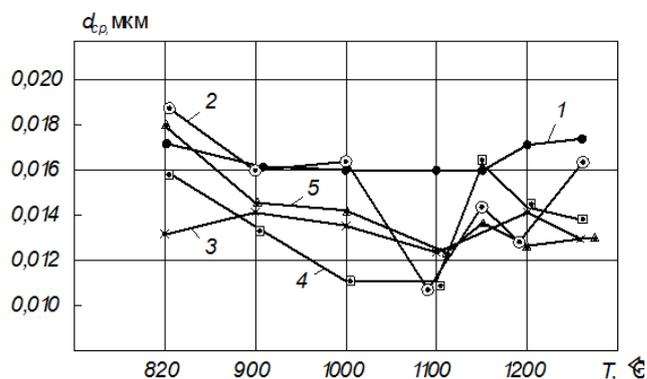


Рис. 1. Изменение среднего диаметра аустенитного зерна  $d_{cp}$  стали У8 после окончательной термической обработки в зависимости от температуры предварительной закалки и отпуска. Промежуточный отпуск: без отпуска (1), 200 °С (2), 300 °С (3), 350 °С (4); 450 °С (5)

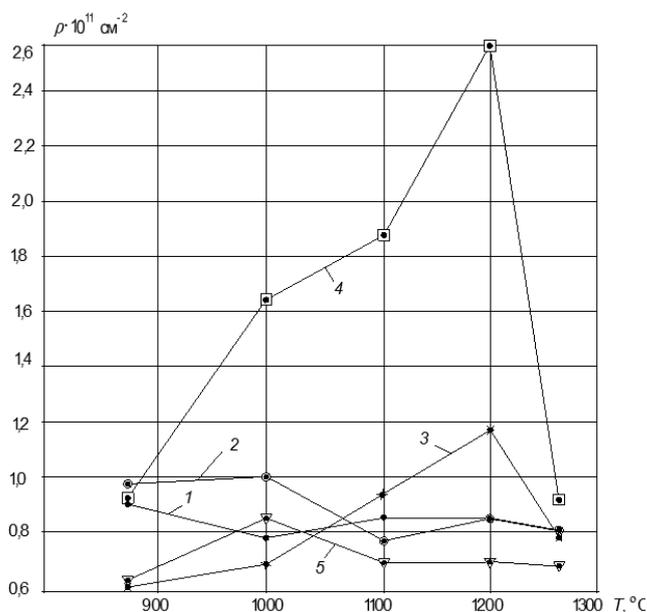


Рис. 2. Изменение плотности дислокаций  $\rho$  стали У8 в зависимости от температуры предварительной закалки. Окончательная термическая обработка – закалка и отпуск 200 °С. Промежуточный отпуск: без отпуска (1), 200 °С (2), 300 °С (3), 350 °С (4); 450 °С (5)

Следовательно, с точки зрения максимального увеличения сопротивления стали пластическому деформированию при работе на трение наиболее оптимальными температурами предварительной закалки и промежуточного отпуска будут соответственно 1100-1150 °С и 200 и 450 °С.

Поскольку полумартенситная зона в присутствии остаточного аустенита и при большой дисперсности структуры не является пределом прокаливаемости инструментальных сталей, о прокаливаемости судили по толщине закаленного слоя с мартенситной структурой (т. е. по толщине слоя с HRC = 60). Предварительная закалка образцов, независимо от температуры первого нагрева, не вносит существенных изменений в прокаливаемость стали У8 при повторной закалке.

Результаты показывают, что прокаливаемость по мартенситной зоне равна примерно 3 мм, что соответствует реальному критическому диаметру порядка 10 мм при охлаждении в воде.

Многочисленные исследования [6, 9, 13], показали, что есть прямая связь между износостойкостью и состоянием тонкой структуры.

Учитывая, что плотность дислокации мало изменяется в интервале температур первой закалки 1100–1150 °С, было решено рекомендовать для термической обработки именно этот интервал.

Промежуточный отпуск 450 °С наиболее предпочтителен, так как обеспечивает не только стабилизацию дислокационной структуры, но и более полно снимает внутренние напряжения после первой закалки.

С целью оценки влияния закалки с промежуточным отпуском на деформацию инструмента в производственных условиях были произведены замеры размеров инструмента до и после термической обработки.

Матрицы просечного инструмента ШМС–12709 (АО «Узметкомбинат») были изготовлены в окончательный размер по диаметру отверстия 6 мм.

Допуск на диаметр определялся по последней операции – развертке отверстия. Пуансоны просечного инструмента ШМС–12709 были изготовлены с припуском по диаметру под окончательную шлифовку.

Результаты показывают, что после термообработки изменение диаметра пуансона не превышает –0,02 мм. Диаметр матрицы меняется не более +0,08 мм. Эти данные не превышают обычно наблюдаемые границы деформации при одинарной термической обработке. По данным штамповочного цеха АО «Узметкомбинат» стойкость этих штампов, обработанных по стандартным режимам, составляет от 6 до 10 тыс. штамповок.

Результаты испытаний просечного инструмента, обработанного по режимам закалки с промежуточным отпуском, выглядят следующим образом: стойкость матриц с твердостью HRC=60 – 62 составляет от 27 до 34 тыс. штамповок, стойкость матриц с твердостью HRC=58 – 60 составляет от 16 до 30 тыс. штамповок.

Таким образом, стойкость испытанного инструмента возрастает от 2 до 5 раз при одноразовом испытании.

На основании проделанных исследований сделаны следующие выводы:

Ускоренный нагрев в соляных ваннах (в данном случае) максимальная дефектность кристаллического строения всегда наблюдается, если температура первой закалки 1100 –1150 °С, а промежуточного отпуска – 200 и 450 °С.

Обработка инструментальных сталей закалкой с промежуточным отпуском увеличивает стойкость инструмента в 2-3 раза по отношению к термообработанным, по стандартной технологии.

## Библиографический список:

1. Околович Г.А. Штамповые стали для холодного деформирования металлов. Монография // Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 202 с.
2. Брыков М.Н., Ефременко В.Г., Ефременко А.В. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании. Научное издание. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 364 с.
3. Гольдштейн М.И., Грачев С.В. Векелер Ю.Г. Специальные стали. – Москва. МИСиС, 1999. – 408 с.
4. Mukhamedov A.A. The Influence of the Thermal History on the structure and Properties of Steel // The physics of Metals and Metallography. 1992. – Vol. 74. – No. 5, pp. 482-487.
5. Югай С.С., Клейнер Л.М., Шоцев А.А., Митрохович И.Н. Структурная наследственность в низкоуглеродистых мартенситных сталях // Металловедение и термическая обработка металлов. – Москва, 2004. – № 12. – С. 24-29.
6. Berdiev D.M., Umarova M.A., Toshmatov R.K. Phase and structural transformations of structural steels in nontraditional heat treatment // Russian Engineering Research, 2021. – Vol. 41. – No. 1, pp. 46-48.
7. Yugai S.S., Kleiner L.M., Shatsov A.A., Mitrokhovich N.N. Structural heredity in low-carbon martensitic steels // Metall Sciens and teat treatment. 2004. – Vol. 46. – No. 11-12, pp. 539-542.
8. Dyuchenko S.S. Heredity in phase transformation: mechanism of the phenomenon and effect on the properties // Metall Science and heat treatment. 2000. – Vol. 42. – No. 3-4, pp. 122-126.
9. Berdiev D.M., Yusupov A.A. Improving wear resistance of steel products to unconventional heat treatment methods // International journal of scientific & technology research. 2020. – Vol. 9. Is. 2, pp. 2504-2509.
10. Батаев В.А., Батаев А.А., Алхимов А.П. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей. – М.: Наука, 2007. – 224 с.
11. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. – М.: МИСИС, 1994. – 328 с.
12. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСИС, 1998. – 400 с.
13. Бердиев Д.М., Юсупов А.А. Повышение износостойкости стальных изделий методом нестандартных режимов термической обработки // Литье и металлургия, №2. 2021. – С. 100-104.

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА И СОПУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОБАХ ЗАБАЛАНСОВЫХ УРАНОВЫХ ОТВАЛОВ



Аллаяров Р.М.,  
докторант Навоийского отделения АН РУз.



Аллаберганова Г.М.,  
доцент кафедры «Общая физика» НГГИ,  
PhD



Музафаров А.М.,  
главный инженер ЦНИЛ АО «НГМК»,  
PhD, доцент

Мақоллада ko'p million tonna balansdan tashqari uran chiqindilari to'plangan uran qazib olish korxonalaridagi balansdan tashqari uran chiqindilari namunalari bilan instrumental rentgen-fluoresans usuli bilan olingan uran va tegishli elementlarning tahlilari natijalari keltirilgan. Uran va unga hamroh bo'lgan noyob, radioaktiv elementlarning miqdorini baholash uchun har tomonlama o'rganiladigan texnogen tuzilmalar bo'lgan yillar davomida ekspluatatsiya qilingan. Balansdan tashqari uran chiqindilarining holati bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, tadqiqot natijalarini spetsifikatsiya qilish ushbu texnogen qatlamlarni qayta ishlashga, uran, nodir va radioaktiv metallarni qo'shimcha ishlab chiqarishga jalb qilish imkonini beradi. Ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan balansdan tashqari uran chiqindilaridagi ushbu elementlarning miqdorini aniqlash ushbu elementlarning zahiralari hisoblash va ularni qayta ishlash texnologiyasini tanlash imkonini beradi.

**Tayanch iboralar:** uran obyekti, balansdan tashqari uran chiqindilari, texnogen birikmalar, nodir metallar, radioaktiv elementlar, uran zahiralari hisoblash, uran radioaktiv parchalanish zanjiri, radioaktiv balans koeffitsienti.

В статье приведены результаты анализов урана и сопутствующих элементов, полученных инструментальным – рентгенофлуоресцентным методом, с проб забалансовых урановых отвалов на уранодобывающих предприятиях, где за многолетнее функционирование накопились многомиллионные тонны забалансовых урановых отвалов, являющихся техногенными образованиями, подвергающихся всестороннему исследованию с целью оценки в них количества урана и сопутствующих редких, радиоактивных элементов. Проведённые исследования по изучению состояния забалансовых урановых отвалов, показывают, что детализация результатов исследований предоставляет возможность привлечь данные техногенные образования на переработку, для дополнительного получения урана, редких и радиоактивных металлов. Определённые количества данных элементов в урановых забалансовых отвалах, что имеет научно-практический интерес, предоставляет возможность провести расчёт запасов данных элементов и выбор технологии их переработки.

**Ключевые слова:** урановый объект, забалансовые урановые отвалы, техногенные образования, редкие металлы, радиоактивные элементы, расчёт запасов урана, цепочка радиоактивного распада урана, коэффициент радиоактивного равновесия.

Проведённые в последние годы исследования по изучению состояний забалансовых урановых отвалов показывают, что детализация полученных результатов исследований предоставляет возможность оценки в них количества основного металла [1-4]. Данное определение предоставляет возможность привлечь данные забалансовые урановые отвалы к переработке, для получения дополнительно основного металла, редких и радиоактивных металлов.

Определение количества данных металлов и проведение всестороннего исследования, имеющее научно-практический интерес предоставляет возможность провести расчёт запасов основного металла, редких и радиоактивных металлов и выбора технологии способа переработки [5-8].

На основании вышеперечисленного, проведение анализов забалансовых урановых отвалов инструментальным, в том числе, рентгенофлуоресцентным методом являются актуальной задачей геотехнологии урана, аналитической химии и радиоэкологии [9-16].

Целью настоящей работы является проведение инструментального метода определения урана и сопутствующих элементов в урановых отвалах с целью проведения всестороннего исследования и расчёта запасов основного металла, редких и радиоактивных металлов, а также выбора технологии способа переработки.

Для определения содержания урана и примесных элементов применяли рентгенофлуоресцентные анализаторы марки EDX-7000 и APФ-1. Достоинством рентгенофлуоресцентного метода является простота выполнения анализа, низкая себестоимость анализа,

инструментальность и оперативность. Сущность метода заключается в измерении и анализе спектра, возникающего при облучении исследуемых твёрдых проб рентгеновским излучением. При взаимодействии с высокоэнергетическими фотонами атомы вещества переходят в возбуждённое состояние, что проявляется в виде перехода электронов с нижних орбиталей на более высокие энергетические уровни вплоть до ионизации атома выпуская характеристические вторичные излучения. Радиоактивные отходы урана, и в том числе отвалов урановых отходов в определённом количестве содержат в своём составе уран, редкие и радиоактивные металлы. Для анализа данных проб сначала определены порообразующие химические элементы рентгенофлуоресцентным полуколичественным методом. Спектр порообразующих элементов в пробах урановых отвалов на рентгенофлуоресцентном анализаторе марки EDX-7000 приведён на рис. 1. Как видно из спектра порообразующих элементов в пробах урановых отвалов, все пики относятся к основным элементам. На основании площадей пиков можно найти количество импульсов имеющих взаимосвязь с концентрацией каждого элемента. На основании энергии  $K_{\alpha}$  и  $K_{\beta}$  линии, можно идентифицировать химические элементы.

В табл. 1. приведены результаты полуколичественного рентгенофлуоресцентного анализа 8 проб забалансовых урановых отвалов.

Из результатов анализов табл. 1, содержание Si составляет 53,6-58,9%, содержание Al 15,4-21,8%, содержание Fe 11,3-14,6% и т.д. И так, во всех отобранных 8 пробах содержание каждого хими-

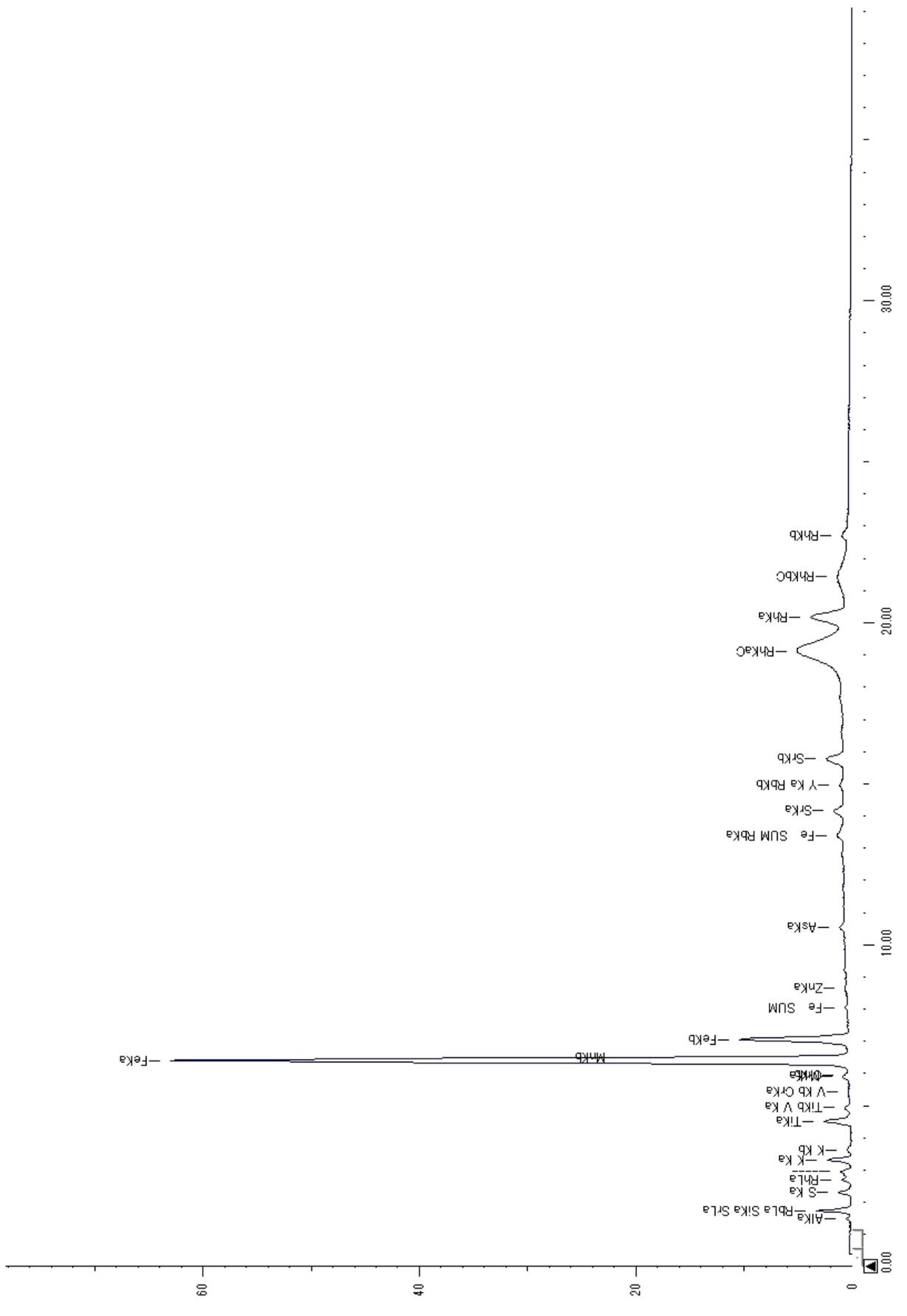


Рис. 1. Спектр породобразующих элементов в пробах урановых отвалов

**Таблица 1**  
**Результаты полуколичественного рентгенофлуоресцентного анализа**  
**забалансовых урановых отвалов, %**

Элементы	№ проб							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Si	58,9	57,2	53,6	57,4	58,9	57,0	57,4	55,8
Al	21,2	21,0	21,8	19,7	15,7	16,5	15,3	15,4
Fe	11,3	14,1	13,1	12,0	14,2	14,6	13,9	14,2
K	4,7	4,4	4,5	4,2	6,4	6,8	6,7	6,6
S	1,4	1,2	4,9	4,8	1,9	2,1	3,6	5,1
Ti	1,3	1,3	1,5	1,2	1,5	1,7	1,6	1,7
Ca	0,9	0,4	–	0,4	1,0	0,8	1,2	0,8
Mn	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Sr	0,05	0,1	0,1	0,04	0,1	0,1	0,1	0,1
V	0,05	–	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cr	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,1	0,1
Rb	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03
Zn	–	0,03	0,03	–	–	0,03	0,03	0,03
Y	–	0,02	0,02	0,003	0,01	0,02	–	0,02

ческого элемента находится в одном порядке. Ниже приведённые спектры (рис. 1, 2) полуколичественного рентгенофлуоресцентного анализа забалансовых урановых отвалов отличаются между собой незначительно. Все эти данные подтверждают, что анализируемые пробы являются пробами одинокого происхождения. В табл. 2 приведены результаты рентгенофлуоресцентного анализа урана в 8 пробах забалансовых урановых отвалов.

Результаты анализов показывают (табл. 2) среднее содержание U в отобранных 8 пробах составляет от 0,0020% до 0,0051%. В некоторых отобранных пробах содержание U находится на уровне рядовых ядерных проб, отобранных из действующих участков подземного выщелачивания ПВ урана. В будущих исследованиях наметили проведение идентификации радионуклидов в забалансовых отходах и радиоактивного равновесия между этими радионуклидами.

Таким образом, на основании инструментального рентгенофлуоресцентного метода анализа можно количественно определить уран и сопутствующие элементы в пробах забалансовых урановых отвалов. Кроме этого, применение инструментального рентгено-

**Таблица 2**  
**Результаты рентгенофлуоресцентного анализа урана в 8 пробах**  
**забалансовых урановых отвалов**

№	Параллельность	U, %	Уср, %
1.	1	0,0032	0,0034
	2	0,0033	
	3	0,0034	
	4	0,0035	
2.	5	0,0035	0,0036
	6	0,0037	
	7	0,0034	
	8	0,0039	
3.	9	0,0031	0,0030
	10	0,0029	
	11	0,0031	
	12	0,0032	
4.	13	0,0035	0,0038
	14	0,0037	
	15	0,0038	
	16	0,0040	
5.	17	0,0019	0,0020
	18	0,0021	
	19	0,0023	
	20	0,0017	
6.	21	0,0038	0,0037
	22	0,0041	
	23	0,0033	
	24	0,0037	
7.	25	0,0053	0,0051
	26	0,0049	
	27	0,0047	
	28	0,0056	
8.	29	0,0043	0,0043
	30	0,0039	
	31	0,0047	
	32	0,0041	

флуоресцентного метода анализа даёт возможность определить в данных пробах концентрации породообразующих химических элементов.

#### Библиографический список:

1. Возжеников Г.С., Бельшев Ю.В. Радиометрия и ядерная геофизика. Учебное пособие. – Екатеринбург, 2006. – 418 с.
2. Котляр В.Н., Баюшкин И.М., Данчев В.И. и др. Месторождения радиоактивных и редких металлов. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Атомиздат, 2001. – 371 с.
3. Рафальский Р.П. Гидротермальные равновесия и процессы минералообразования. – М.: Атомиздат, 2013. – 290 с.
4. Евсеева Л.С., Перельман А.И., Иванов К.Е. Геохимия урана в зоне гипергенеза. 2-е изд., перераб. – М.: Атомиздат, 2012. – 280 с.
5. Аренс В.Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. – М.: Недра, 2004. – 320 с.
6. Мамилев В.А., Петров Р.П., Шушаня Г.Р. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.
7. Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Геотехнология. – Москва, 1996. – 465 с.
8. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Петухов О.Ф. Исследование изотопного состава урана альфа-спектрометрическим методом. Горный Вестник Узбекистана. – № 2 (21). – Навои, 2005 г. – С. 94-98.
9. Глотов Г.Н. Повышение эффективности разработки урановых месторождений способом подземного выщелачивания. Горный Вестник Узбекистана. – № 3 (38). – Навои, 2009 г. – С. 76-79.
10. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Глотов Г.Н., Кист А.А. О вопросе нарушения коэффициента радиоактивного равновесия между изотопами урана. Горный вестник Узбекистана. – № 2 (29). – Навои, 2011 г. – С. 137-139.
11. Музафаров А.М., Саттаров Г.С. Радионуклиды в природных водах Кызылкумского региона. Горный журнал. – Москва, 2017. Спец. выпуск. – С. 86-89.
12. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Ослоповский С.А. Радиометрические исследования техногенных объектов. Цветные металлы. – № 2. – Москва, 2016 г. – С. 15-18.
13. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006). – Ташкент, 2006. – 136 с.
14. Allaberganova G.M., Turobjonov S.M., Muzafarov A.M., Kholov D.M. Assessment of the influence of the process of underground uranium leaching on soil and groundwater /International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS). November 2019. – Washington DC, pp. 34-39.
15. Allaberganova G.M., Turobjonov S.M., Muzafarov A.M., Jurakulov A.R. Method for conducting of uranium isotopic analysis in various natural waters of uranium-bearing regions of Uzbekistan // International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR). October 2019. – Washington DC, pp. 52-55.
16. Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Черчиева Е.О., Саттаров Г.С. Возможности применения инструментальных приборов для решения технологических и радиологических задач урановых производств // IX международная конференция «Ядерная и радиационная физика». 24-27 сентября, 2013. – Алматы, Казахстан. – С. 182-183.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО И ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ



**Мислибаев И.Т.,**  
декан «Горного» факультета НГГИ,  
д.т.н., профессор



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



**Махмудов Ш.А.,**  
доцент кафедры  
«Горная электромеханика» НГГИ,  
PhD



**Пардаева Ш.С.,**  
магистрант кафедры  
«Горная электромеханика» НГГИ

Мақоллада konchilik korxonalarida qo'llaniladigan konchilik va transport jihozlari yoki uning alohida mexanizmlari, uzellarining texnik holatini baholash va tuzilmaviy o'lchamlari joriy qiymatlarini tavsiflash, hamda unumdorlikka va texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash bo'yicha ishlarning sermehnatligiga ta'sir etadigan omillar ko'rib chiqilgan. Foydalanishning butun davrida konchilik korxonalarida qo'llaniladigan konchilik va transport jihozlarining texnik holati va xususiyatlari, shuningdek, ushbu jihozning texnik holatini belgilovchi omillarning asosiy guruhlarini sxemalarini ishlab chiqilgan. Muruntog' kar'yerida ishlaydigan EKG-15 turidagi o'nta ekskavatorning yillik unumdorligi natijalari, hamda EKG-15 va EKG-20 turidagi ekskavatorlarning ishlash gistogrammalari keltirilgan. Qazib olinadigan tog' jinsini hisobga olgan holda, EKG-10 va EKG-15 turidagi ekskavatorlar mexanizmlari ishlashining tahlili amalga oshirilgan.

**Tayanch iboralar:** kar'yer, tog' jinsi, unumdorlik, konchilik va transport mashinalari, ekskavator, mexanizm, uzal, sxema, texnik holat, ta'mirlash, omil, gistogramma.

В настоящей работе рассматриваются вопросы оценки технического состояния горного и транспортного оборудования или их отдельных механизмов, узлов, характеризующие текущие значения конструктивных параметров, а также факторы, воздействующие на производительность и трудоемкость работ по техническому обслуживанию и ремонту. Разработаны схемы технического состояния и свойства системы горных и транспортных машин за весь период эксплуатации, а также основных групп факторов, определяющие техническое состояние данного оборудования. Приведены результаты исследований изменения годовой производительности десяти экскаваторов типа ЭКГ-15, а также гистограммы наработки экскаваторов типа ЭКГ-15 и ЭКГ-20 эксплуатирующийся на карьере Мурунтау. Произведен анализ работы механизмов экскаваторов типа ЭКГ-10 и ЭКГ-15 с учетом разрабатываемого грунта.

**Ключевые слова:** карьер, порода, производительность, горные и транспортные машины, экскаватор, механизм, узел, схема, техническое состояние, ремонт, фактор, гистограмма.

В процессе эксплуатации горное и транспортное оборудование взаимодействует с забоем, а его элементы взаимодействуют между собой. Это взаимодействие вызывает нарушение деталей, узлов, механизмов, их взаимное перемещение, трение, нагрев, химическое преобразование и изменение в процессе работы физических величин и конструктивных параметров: размеров, взаимного расположения деталей,

зазоров, электрических и других величин. Техническое состояние горного и транспортного оборудования или его отдельного механизма, узла, детали определяется совокупностью изменяющихся свойств, характеризующих текущими значениями конструктивных параметров.

Возможность непосредственного изменения конструктивных параметров без частичной или полной разборки большинства меха-

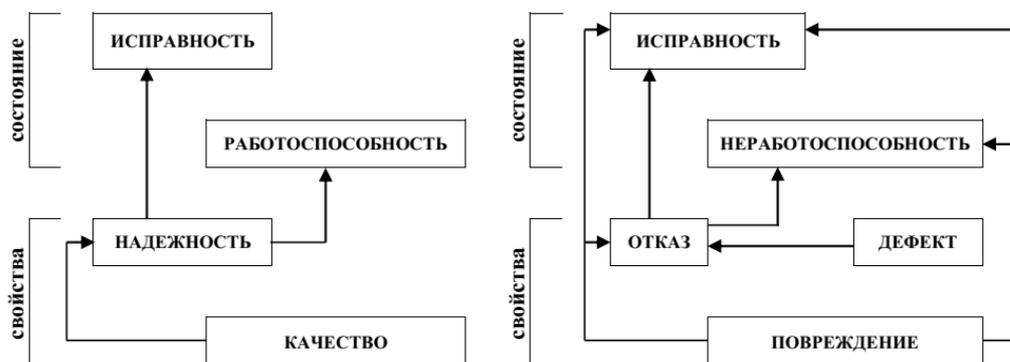
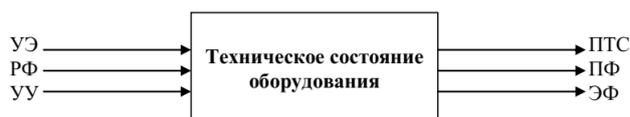


Рис. 1. Техническое состояние и свойства системы оборудования

низмов ограничена. Для этих объектов при определении технического состояния пользуются косвенными величинами или так называемыми диагностическими параметрами, которые связаны с конструктивными параметрами и дают о них ту или иную информацию [1-3]. Например, о техническом состоянии механизмов подъема, напора, поворота, хода экскаватора можно судить по изменению мощности электродвигателя, содержанию продуктов износа в масле редуктора.

В процессе работы горного и транспортного оборудования параметры его технического состояния изменяются от начальных или номинальных до предельных значений.

Основным условием обеспечения эффективности является безотказная работа всего оборудования. Эффективность во многом



**Рис 2. Основные группы факторов, определяющих техническое состояние карьерных экскаваторов:** УЭ – условия эксплуатации; РФ – режим функционирования; УУ – уровень управления /профессиональная подготовленность, квалификация машиниста экскаватора; ПТС – параметры технического состояния; ПФ – параметры функционирования; ЭФ – эффективность функционирования

зависит также от исправности и работоспособности деталей, узлов и механизмов горных и транспортных машин. Следовательно, в течение всего срока эксплуатации необходимо оценивать их техническое состояние и выполнять комплекс работ по поддержанию заданного уровня качества горного и транспортного оборудования.

Оценка технического состояния карьерного оборудования производится на основе терминов и определений, данных в государственных стандартах 27.002-83, 15467-79, 16322-80. При всем многообразии деталей, узлов, механизмов конструкции, в течение всего периода эксплуатации общим для них является то, что все они должны находиться в определенном состоянии и иметь определенные свойства (рис. 1).

В общем случае, система может пребывать в различных состояниях. Число состояний зависит от количества элементов системы, ее функционального назначения, пределов изменения показателей работоспособности. Момент времени, при котором происходит переход системы из одного состояния в другое, является случайной величиной.

На уменьшение работоспособности горного и транспортного оборудования влияют условия эксплуатации, а также процессы, происходящие в деталях, узлах, механизмах во время работы (рис. 2).

Состояние системы оценивается по совокупности показателей, называемых параметрами технического состояния. Процессы изменения технического состояния горного и транспортного оборудования карьеров можно представить следующим образом.

В результате воздействия природных факторов, т.е. условий эксплуатации, режимов и характера использования, а также внутренних процессов (изнашивания, деформации, старения) происходят изменения физико-механических свойств материалов, износоустойчивости.

Более 80% отказов горного и транспортного оборудования происходит вследствие износа, поэтому при исследовании процессов изменения технического состояния карьерного оборудования особое внимание уделяется трению и изнашиванию.

В большинстве эксплуатируемых экскаваторах отсутствуют средства контроля за режимными и технологическими параметрами процесса копания и нагрузкой наиболее ответственных узлов [3, 4]. Машинист экскаватора не располагает информацией о режиме и параметрах процесса. Их оценка проводится только на основании субъективного опыта [4], что не исключает перегрузки и поломки отдельных узлов экскаваторов.

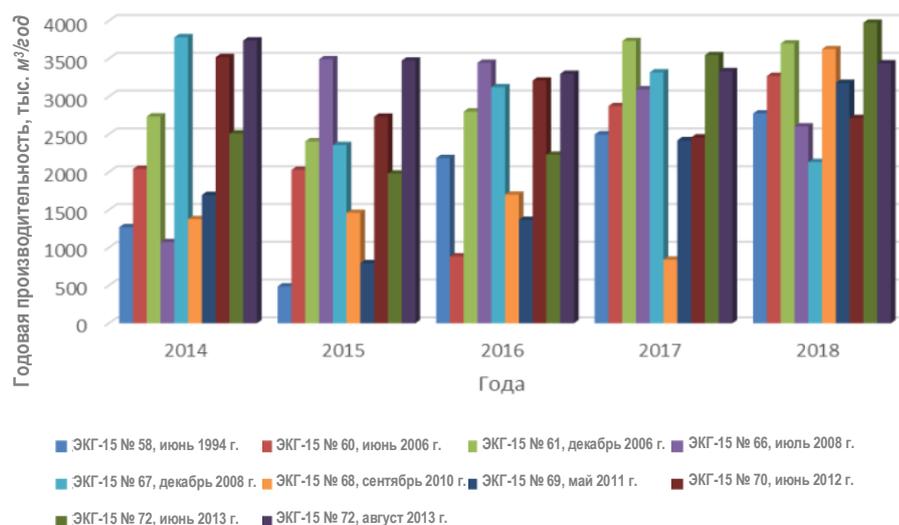
Известно, что полный цикл погрузки завершается в течение нескольких десятков секунд. Это обстоятельство предъявляет совершенно особые требования к средствам контроля и управления в отношении их быстродействия. За такой промежуток времени машинист не может контролировать более одного-двух параметров.

Рабочий цикл карьерных экскаваторов состоит из следующих основных операций: черпание, поворот ковша к месту разгрузки, разгрузка и возврат в исходное положение. Как показали исследования, максимальное потребление мощности происходит при черпании.

Также установлено, что форма диаграммы потребляемой мощности во многом зависит от квалификации машиниста экскаватора и стиля его работы.

**Таблица 1**  
Производительность десяти экскаваторов типа ЭКГ-15 на руднике «Мурунтау»

Тип экскаватора	Дата ввода в эксплуатацию экскаватора	Годовая производительность экскаватора по годам, тыс. м <sup>3</sup>				
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ЭКГ-15 № 58	июнь 1994 г.	1270	487	2185	2498	2776
ЭКГ-15 № 60	июнь 2006 г.	2041	2030	884	2872	3271
ЭКГ-15 № 61	декабрь 2006 г.	2735	2406	2800	3733	3701
ЭКГ-15 № 66	июль 2008 г.	1073	3492	3445	3095	2604
ЭКГ-15 № 67	декабрь 2008 г.	3783	2357	3122	3318	2132
ЭКГ-15 № 68	сентябрь 2010 г.	1378	1460	1701	841	3626
ЭКГ-15 № 69	май 2011 г.	1697	795	1367	2420	3179
ЭКГ-15 № 70	июнь 2012 г.	3520	2732	3210	2457	2715
ЭКГ-15 № 72	июнь 2013 г.	2510	1980	2230	3547	3976
ЭКГ-15 № 73	август 13 г.	3740	3475	3299	3335	3438



**Рис. 3. Гистограмма изменения годовой производительности десяти экскаваторов типа ЭКГ-15 на руднике «Мурунтау»**

Таким образом, наряду с такими характеристиками состояния забоя, как кусковатость горной массы  $d_{ср}$ , уровень технического состояния оборудования и показатель профессиональной, интеллектуальной подготовленности и деятельности исполнителя труда влечет изменение производительности, трудоемкости работ по ТО и Р карьерных экскаваторов [5, 6].

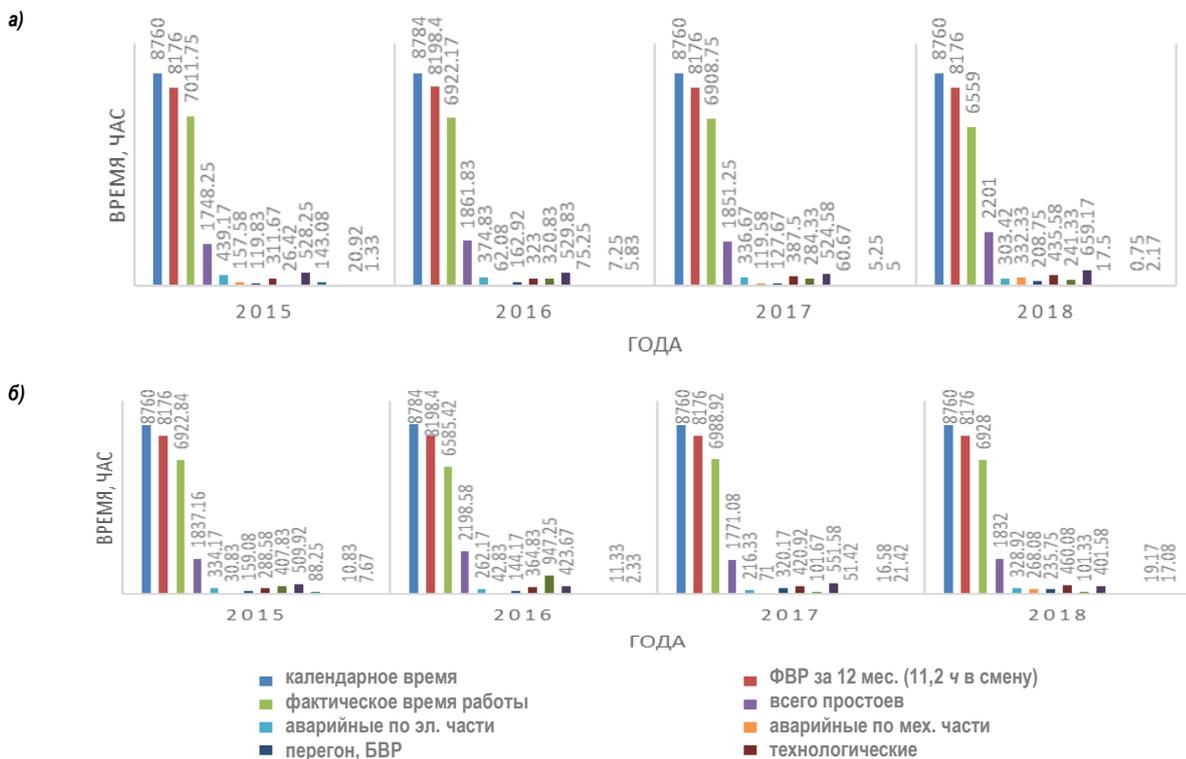
На производительную работу карьерного экскаватора оказывают влияние перерывы по организационно-техническим причинам. Большой удельный вес перерывов в работе горного оборудования приходится на ремонты всех видов.

Поэтому от длительности и качества ремонта зависит степень использования оборудования на карьерах и, следовательно, производительность и эффективность его работы [7, 8].

В результате хронометражных исследований и обобщения статистических данных горнодобывающих предприятий определены средние значения производительности десяти экскаваторов типа ЭКГ-15 на руднике «Мурунтау» показаны в табл. 1 и приведена гистограмма изменения годовой производительности (рис. 3).

Значительная часть перерывов в работе карьерных экскаваторов связана с проведением плановых ремонтов, которые должны выполняться согласно ППР.

Однако, анализ наработки карьерных механических лопат типа ЭКГ-20 и ЭКГ-15 за 5 лет показывает часто графики ТО и ППР не выдерживаются, что приводит к преждевременному износу отдельных узлов и аварийным простоям, снижающим эффект работы горного оборудования. Срывы сроков ремонтов происходят из-за



#### 4. Гистограмма наработки экскаватора ЭКГ-20 (а) и ЭКГ-15 (б) в течение 5 лет

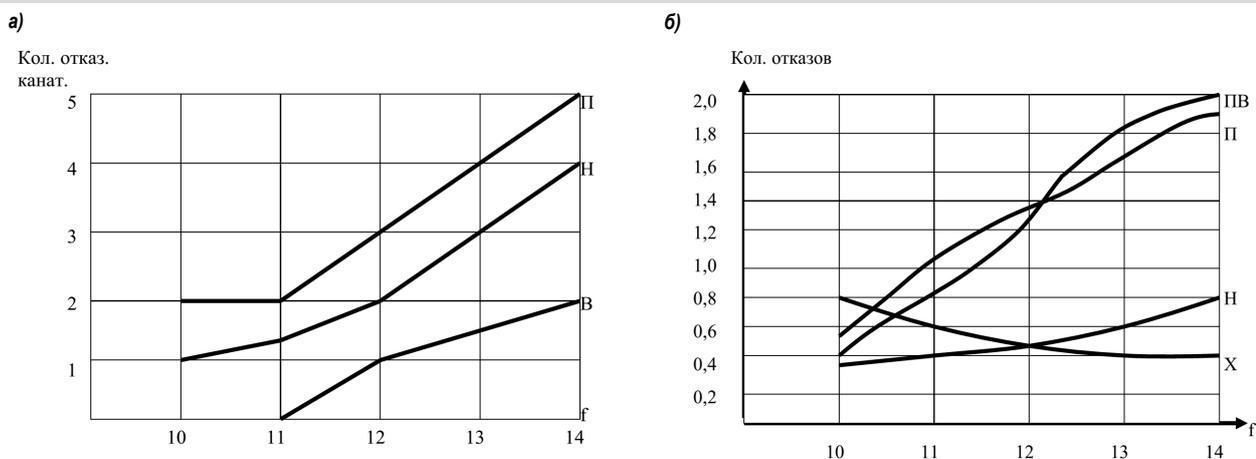


Рис. 5. Динамика отказов канатов ЭКГ-10, ЭКГ-15 (а) и изменение количества отказов основных механизмов экскаватора (б) с изменением крепости разрабатываемых пород

дефицита запасных частей, высокой трудоемкости и низкого качества деталей, изготовленных в ремонтных мастерских, недостаточной технической оснащенности ремонтных служб. Так, неполадки в организации ремонтов приводят к увеличению перерывов в работе горного оборудования, при ремонтах и ТО на 10-15% и уменьшению срока его службы на 20-25% (рис. 4 а, б)

Анализ нижеследующих материалов показывает, что с повышением категории экскавируемого грунта возрастают динамика и нагрузки на основные механизмы, вызывающие перегрев обмоток двигателей и сокращение сроков службы электрических машин, ускоряющие износ элементов металлоконструкций и сопрягаемых деталей, узлов экскаваторов.

На рис. 5 а показана динамика отказов подъемных П, напорного Н, возвратного В канатов ЭКГ-10 и ЭКГ-15 в зависимости от изменения крепости разрабатываемых пород.

Анализируя эти данные, можно сказать, что половина аварийных отказов экскаваторов приходится на выход из строя подъемного каната, причем с увеличением крепости разрабатываемых пород расход канатов увеличивается.

Так как коэффициент крепости пород влияет на раздробленность, а коэффициент разрыхления горной массы определяет средний диаметр куска в забое, то следует вывод, что износ канатов экскаваторов зависит от качества подготовленности забоя. От качества подготовленности забоя зависит износ как экскаватора в целом, так и отдельных его узлов.

На рис. 5, б представлены графики изменения количества отказов основных механизмов экскаватора с увеличением коэффициента крепости пород.

По составленным диаграммам (рис. 5, б) можно наблюдать количество отказов отдельно каждого узла, механизма забойного и отвального экскаваторов, его удельный вес в общем объеме отказов. Очевидно, что забойные экскаваторы испытывают большие по мощности нагрузки, чем отвальные. Естественно, уровень технического состояния ухудшается с повышением категории разрабатываемой горной массы. Анализ комплексного исследования производственных процессов и эксплуатационных показателей горного и транспортного оборудования рудников Мурунтау и Кальмакыр, угольного разреза Ангренский и других месторождений может служить основанием для утверждения того, что качество подготовленности забоя, профессиональной подготовленности машинистов и операторов машин оказывает значительное влияние на уровень технического состояния карьерных горно-технологических оборудований.

Обобщение практики эксплуатации показывает, что независимо от типа карьерных экскаваторов выработка некоторых квалифицированных машинистов, знающих и умеющих рационально использовать конструктивные особенности экскаватора в одних и тех же условиях работы в 1,6-2,3 раза превышает средние показатели.

Значительное превышение средней годовой выработки, связанное с рациональным режимом эксплуатации, свидетельствует о том, что в работе карьерных экскаваторов имеются еще большие резервы повышения производительности труда.

Таким образом, комплексное исследование показало, что основными направлениями повышения эффективности горного производства являются исследование, оценка и выбор рационального режима функционирования рабочего места с учетом влияния взаимодействия элементов структуры производства и их качества.

#### Библиографический список:

1. Анистратов К.Ю., Конопелко С.А. Оптимальный срок службы карьерных одноковшовых экскаваторов. Горная промышленность. – №3.—Москва, 2012. – С. 8-12.
2. Великанов В.С., Олизаренко В.В. Определение производительности одноковшового гусеничного экскаватора с учетом профессиональных навыков машиниста // Добыча, обработка и применение природного камня: Сборник научных трудов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – С. 85-91.
3. Инамов У.Р., Носиров У.Ф., Дуллаев Н.С., Эшмурадов З.С. Модель обеспечения качества эксплуатации и ремонта горного оборудования // Горный вестник Узбекистана. – №3(10). – Навоий, 2002. – С. 40-41.
4. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Исследование условий функционирования одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах // Горный вестник Узбекистана. – Навоий, 2020. – №1 (80). – С. 80-84.
5. Подзрни Р.Ю. Анализ современного состояния рынка карьерной техники в мире // Горная промышленность. – №4 (110). – Москва, 2013. – С. 48-54.
6. Сытенков В.Н. Ганин А.Р., Донченко Т.В., Шибанов Д.А. Анализ областей применения канатных и гидравлических экскаваторов при открытой разработке месторождений // Рациональное освоение недр. – №3. – Москва, 2014. – С. 30-34.
7. Шеметов П.А., Рубцов С.К. Опыт эксплуатации канатных и гидравлических экскаваторов в условиях карьера Мурунтау // Горная промышленность. – Москва, 2005. – №5. – С. 46-50.
8. Peak performance excavator selection. Practices. Harnischfeger Corporation, 2003. – 76 p.

## АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ



**Абдураззоков У.А.,**  
заведующий кафедрой  
«Инжиниринг транспортных средств»  
Ташкентского государственного  
транспортного университета, д.ф.-т.н.



**Анваржонов А.А.,**  
ассистент кафедры  
«Инжиниринг транспортных средств»  
Ташкентского государственного  
транспортного университета



**Обитов Н.М.,**  
старший преподаватель кафедры  
«Технология машиностроения» НГГИ

*Dunyoda transport xarajatlarini kamaytirish, ekspluatatsiya sharoitida yuk avtomobillari va ekspluatatsiya materiallari resurslaridan samarali foydalanish, transportning ekologik va yo'l xavfsizligini ta'minlash, belgilangan normativ ko'rsatkichlarni tezkor nazorat qilish, transport samaradorligini oshirish, energetik jihatdan samarali yuk mashinasi va/yoki marshrutni tanlashga qaratilgan tadqiqotlar o'tkazildi. Ushbu tadqiqotlarda yuk mashinalarining energiya samaradorligini baholash uchun taqdim etilgan mezon va usullar ish sharoitida yo'l yuklari va harakat rejimlarini hisobga olmaydi, bu esa qurilish va operatsion materiallarning konstruktiv ko'milgan salohiyatidan kam foydalanishga olib keladi. Natijada, yuk avtomobillari harakatining parametrlarini aniqlash, yuk mashinalarining energiya samaradorligini baholash mezonini takomillashtirish jarayonida zamonaviy telematik tizimlarni joriy qilish orqali ekspluatatsiya materiallaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha tadqiqotlar muhim vazifadir.*

**Tayanch iboralar:** energiya samaradorlik, ekspluatatsiya sharoiti, yuk avtomobili, baholash mezon, harakat rejimlari, telematika, konstruksiya.

*В мире проводились исследования, направленные на решение проблем сокращения транспортных расходов, эффективного использования ресурсов грузовых автомобилей и эксплуатационных материалов в условиях эксплуатации, обеспечения экологической и дорожной безопасности движения, оперативного контроля установленных нормативных показателей, повышения эффективности перевозки, выбора энергетически эффективного грузового автомобиля и маршрута. Критерии и методы, предложенные в этих исследованиях для оценки энергоэффективности грузовых автомобилей не в полной мере, учитывают дорожные нагрузки и режимы движения в условиях эксплуатации, что приводит к низкому использованию конструктивно заложенного потенциала конструкции и эксплуатационных материалов. Следование по повышению эффективности использования эксплуатационных материалов с внедрением современных телематических систем в процессы определения параметров движения грузовых автомобилей, совершенствованию критерия оценки энергоэффективности грузовых автомобилей с учётом нагрузки в условиях эксплуатации является важной задачей.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, условия эксплуатации, грузовой автомобиль, критерии оценки, режимы движения, телематика, конструкция.

Исследование энергетической эффективности автомобилей в условиях эксплуатации проводится для повышения эффективности их эксплуатации, экономии эксплуатационных материалов путем обоснованного определения периодичности их замены, а также научного обоснования технико-экономических и эксплуатационных требований к новым конструкциям грузовых автомобилей.

Существуют различные определения энергетической эффективности – понятия на подобии коэффициента полезного действия, уровень выбросов углекислого газа в граммах на километр для определения класса энергоэффективности, характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов [1-3]. Разработка и применение современных стандартов за рубежом даёт значительный эффект в повышении энергетической эффективности АТС. Однако, существующие понятия не учитывают особенности функционирования грузовых автомобилей в реальных условиях эксплуатации, отсутствует установленное понятие энергетической эффективности в национальных нормативных документах, а также методы оценки энергетической эффективности автомобилей.

На практике, в период проектирования и производства грузового автомобиля, у разработчика и производителя почти отсутствуют разногласия, а мнения пользователя рассматриваются на этапе эксплуатации с применением доводочных методов совершенствования конструкции. Опыт показывает, что автомобили имеют разную приспособленность к реальным условиям эксплуатации по показателям топливной экономичности [4]. Причинами такого положения является отсутствие оперативного мониторинга параметров, определяющих энергетическую эффективность конструкций в реальных условиях эксплуатации и недостаточная активность пользователя в процессе разработки новых конструкций грузовых автомобилей, обусловленная рыночной конкуренцией автопроизводителей. В комплексе, это связано с отсутствием методологии, регламентирующей программу действий по повышению эффективности эксплуатации грузовых автомобилей в условиях эксплуатации.

В существующей практике при проектировании и производстве грузовых автомобилей, а также их эксплуатационных материалов, оцениваются характеристики эксплуатационных свойств с учётом типовых условий с номинальной нагрузкой, регламентированные нормативными документами, которые отличаются от реальных

условий эксплуатации. В результате, ресурс конструкции и его эксплуатационные материалы полностью не реализуются в условиях эксплуатации. Сегодня, эта проблема решается методами нормирования использования ресурса и количества эксплуатационных материалов для определенных условий эксплуатации и конструкции на основании вероятностных законов, которые требуют множество дорожных испытаний с применением дорогостоящих лабораторных комплексов.

Анализ исследований показывает, что действующие показатели: *ткм, км, моточас* не полностью учитывают реальные условия эксплуатации грузовых автомобилей и не отражают их объективную нагрузку [5]. В результате не реализуется конструктивно заложенный потенциал грузовых автомобилей и их эксплуатационных материалов. В связи с чем, требуется разработка метода оценки комплексного показателя, учитывающего реальные условия эксплуатации грузовых автомобилей.

Повышение энергетической эффективности грузовых автомобилей имеет особенности под влиянием многочисленных факторов, зависящих и в большей части не зависящих от организации процесса эксплуатации грузовых автомобилей. В связи с чем, ведутся исследования по разным направлениям: совершенствование технического уровня конструкций, методов организации перевозки, состояние транспортных и дорожных условий эксплуатации и т.д.

В области исследования энергетической эффективности автомобилей известны научные труды таких мировых ученых, как Гуцелла Л., Хименес Дж.Л., Карплус В.Дж., Латтнер А.Д., Маккерл Дж. и др.

Отечественными учеными, такими как Муталибов А.А., Салимов А.У., Базаров Б.И., Кадиров С.М., Кульмухамедов Ж.Р. и др., были проведены исследования по совершенствованию эксплуатационных свойств автомобилей и параметров дорожных условий их эксплуатации, в частности, по улучшению энергетической и экологической эффективности.

На сегодняшний день метод оценки энергетической эффективности грузового автомобиля недостаточно развит в условиях эксплуатации с учетом нагрузок, возникающих в результате дорожного движения. Анализ критериев и методов оценки энергетической эффективности грузовых автомобилей в зарубежных странах показал, что не полностью учтена фактическая нагрузка в условиях эксплуатации.

Авторами исследований были предложены критерии оценки энергетической эффективности автомобилей, основанные на соотношении мощности на ведущих колесах к мощности общих энергетических затрат, что позволило сформировать определение коэффициента полезного действия (КПД) автомобиля [6, 7]. В первом приближении, предложенные авторами показатели отражают энергетическую эффективность автомобилей, однако с учетом принятой ими транспортной работы грузовых автомобилей, а также в виду применения средней скорости движения требуют усовершенствования метода оценки энергетической эффективности в реальных условиях эксплуатации.

В целях сравнения энергетической эффективности автотранспортных средств, академиком Чудаковым Е.А. был предложен путевой расход топлива [8]:

$$Q_s = \frac{Q100}{S} \quad (1)$$

Практика показала, что данный показатель требует значительных исследований при уточнении с учётом различных факторов условий эксплуатации, что привело к разработке ряда корректирующих коэффициентов [9].

Следующий показатель энергетической эффективности грузовых автомобилей был предложен Великановым Д.П. [10], который учитывает расход  $Q$ , плотность  $\delta$ , теплотворность топлива  $\lambda$  и объём транспортной работы  $W$

$$Q_s = \frac{\delta \lambda Q100}{W} \quad (2)$$

Учитываемая в формуле (2) транспортная работа  $W$  определяется произведением массы груза на пройденный путь, которая в свою очередь не полностью учитывает нагрузку в условиях эксплуатации, в частности режимы движения автомобиля и сопротивление дороги.

В работе [7] приводятся критерии оценки энергетической эффективности автотранспортных средств отношением кинетической энергии движения полезного груза к работе перемещения груза:

$$\eta_{эф} = \frac{100 A_э}{AП} \quad \text{и} \quad \eta_{эф} = \frac{C m_{сп} v_{сп}^2}{\gamma_t Q_{сп}} \quad (3)$$

где  $A_э$  – кинетическая энергия движения полезного груза, Дж;

$A_n$  – работа по перемещению груза, Дж;

$C$  – коэффициент для дизельного топлива;

$m_{сп}$  – масса груза, кг;

$v_{сп}$  – средняя скорость движения, м/с;

$\gamma_t$  – плотность топлива, кг/л;

$Q_{сп}$  – средний расход топлива, л.

Трембовельский Л.Г. предлагает комплексный критерий технико-экономической эффективности автотранспортных средств [10]:

$$K_{Т-ЭЭ} = \frac{m_a V}{G_T} \quad (4)$$

где  $m_a$  – полная масса автотранспортного средства, т;

$V$  – средняя скорость движения, км/ч;

$G_T$  – средний часовой расход топлива, л/ч [11].

В работе Мелисарова В.М. предлагаются следующие показатели энергетической эффективности автотранспортных средств [11]:

$$E = \frac{m_{сп} v_{сп}}{Q_{сп}}, \quad \eta_a = \sqrt{\frac{m_{сп} v_{сп} g}{\gamma_t Q_{сп} H_H^{1.5}}}, \quad \eta_a = \frac{v_{сп}}{i_0 \rho_{сп} H_H G_T} \sqrt{\frac{M_e m_{сп} g}{r_k}} \quad (5)$$

где  $H_H$  – низшая теплотворная способность топлива, Дж/кг;

$i_0$  – передаточное число главной передачи;

$\rho_{сп}$  – средняя плотность ряда передаточных чисел трансмиссии;

$G_T$  – часовой расход топлива, кг/ч;

$M_e$  – максимальный крутящий момент двигателя, Нм;

$r_k$  – радиус качения ведущих колес, м.

Коптилова В.И. в своей работе предлагает отношение совершенной автомобилем транспортной работы  $W$  (ткм) к израсходованной им энергии  $\Omega$  (Дж) [6]

$$\Omega = \frac{10^{-6} m_{сп}^H \gamma \beta S}{Q_T \rho_T H_H} \quad (6)$$

Предложенная формула (6) учитывает такие параметры, как:

$m_{сп}^H$  – номинальная грузоподъемность, кг;

$\gamma$  – коэффициент использования грузоподъемности;

$\beta$  – коэффициент использования пробега;

$S$  – пройденный путь, м;

$Q_T$  – количество израсходованного топлива, л;

$\rho_T$  – плотность топлива, кг/л;

$H_H$  – низшая теплотворная способность топлива, МДж/кг.

В работе автор предлагает использование коэффициента эффективности преобразования мощности её колесным двигателем  $K_{КД}$

$$K_{КД} = \frac{F \sum v_{Д}}{\sum M_{ki} \omega_{ki}} \quad (7)$$

где  $F \sum$  – суммарная сила сопротивления движению транспортно-тяговой машины при условии, что все её колеса работают в ведомом режиме, Н;

$v_{Д}$  – действительная скорость движения машины, м/с;

$M_{ki}$  – крутящий момент, реализуемый на  $i$ -м ведущем колесе, Нм;

$\omega_{ki}$  – угловая скорость  $i$ -го ведущего колеса, рад<sup>-1</sup>.

В работе предлагается КПД автомобиля, определяемый соотношением полезной работы к потенциальной энергии израсходованного топлива:

$$\eta_a = \frac{K_s m V^2}{\gamma Q H_y} \quad (8)$$

где  $K_s$  – коэффициент пропорциональности по пути выбега;  
 $m$  – полезная масса, кг;  
 $V$  – скорость движения, м/с;  
 $\gamma$  – плотность топлива, кг/л;  
 $Q$  – расход топлива, л;  
 $H_y$  – удельный тепловой эквивалент, кДж/кг.

В формуле (8) не ясен смысл  $K_s$ , а также соотношение единиц измерения в числителе и знаменателе. В работе применяется коэффициент эффективности грузовых автомобилей, определяемый соотношением средней технической скорости  $V_T$  к путевому расходу топлива:

$$K_{эф} = \frac{100 V_T}{Q} \quad (9)$$

Предложенный автором показатель эффективности  $\eta_s$  подразумевает соотношение приращения средней скорости движения  $\Delta V$  к приращению среднего расхода топлива  $\Delta Q$

$$\eta_s = \frac{\Delta V_{cp}}{\Delta Q_{сск}} \quad (10)$$

В работе [9] предлагается определение комплексного показателя эффективности автопоезда по формуле:

$$W_Q = \frac{\gamma q V_{cp}}{Q_s} \quad (11)$$

где  $\gamma$  – статический коэффициент использования грузоподъемности;  
 $q$  – номинальная грузоподъемность;  
 $V_{cp}$  – средняя скорость, км/ч;  
 $Q_s$  – средний путевой расход топлива, л на 100 км.

Автором формулы (11) утверждается, что по структуре данный критерий аналогичен КПД.

В исследовании автора [9] формула (11) претерпела некоторое изменение с учетом влияния полной массы и собственной массы автопоезда на удельную производительность конструкции

$$W_Q = \frac{(G_{an} - G_{ano}) V_{cp}}{Q_s} \quad (12)$$

где  $G_{an}$  – полная масса автопоезда, ш;  
 $G_{ano}$  – собственная масса автопоезда, т.

Евсеевым П.П. также были исследованы КПД автомобиля в выражении соотношения массы груза, коэффициента сопротивления движению дороги и средней скорости к расходу топлива в её потенциальных энергетических значениях [3].

Авторами стран Европы, США, Калифорнии, исследовавших энергетическую эффективность автомобилей также предлагаются разные критерия оценки [12, 13]. Например, понятие мгновенной удельной мощности автомобиля –  $VSP$ , предельный уровень производительности автомобиля –  $PPF$ , отношение полезной транспортной работы к затраченной энергии и т.д.

$$VSP = v(a + g \sin \varphi + \psi) + \zeta v^3 \quad (13)$$

где  $v$  – скорость движения, м/с;  
 $a$  – ускорение движения, м/с<sup>2</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\psi$  – коэффициент сопротивления дороги;  
 $\zeta$  – коэффициент сопротивления воздуха.

Отличительной стороной этих исследований является то, что задачи решаются с учётом количества выбросов токсичных веществ в составе отработавших газов. При этом оценочным режимом движения разных категорий автомобилей служат различные стандартизированные ездовые циклы, которые полностью не характеризуют реальные условия их эксплуатации [14, 15].

Таким образом, тенденции совершенствования показателей энергетической эффективности грузовых автомобилей включают в себя следующие аспекты:

- определение энергетической эффективности с учётом объёмного расхода источников энергии и/или их потенциальных энергетических значений на выполнение транспортной работы. При этом, не учитывается нагрузка в реальных условиях эксплуатации;
- исследования, учитывающие транспортную работу с точки зрения физики, не имеют практических решений для применения их в реальных условиях эксплуатации;
- определение энергетической эффективности автомобиля с применением средней скорости его движения. При этом отсутствуют критерии, учитывающие режимы движения автомобиля в реальных условиях эксплуатации, включающие такие режимы, как разгон, замедление (в режимах принудительного холостого хода двигателя и/или с управляемым замедлением);
- определение энергетического класса автомобилей на основе их экологических показателей, определяемых на стандартизированных ездовых циклах.

Анализ исследований показывает, что критерии оценки эффективности имеют ряд разновидностей в зависимости от постановки задачи авторами. При постановке авторами одинаковой задачи выбранные критерии отличаются, что приводит к различию результатов (конструкционные, эксплуатационные (эффективности организации перевозок, эффективности организации ТО, ремонта и хранения АТС, совершенства дорожной сети и организации движения), экономические и другие).

Критерий оценки эффективности можно определить как степень реализации потенциала конструкции в функциях её назначения. Следовательно, при построении критерия оценки энергетической эффективности грузовых автомобилей необходимо учесть следующие требования. Критерий должен:

- отражать главное назначение конструкции и её развитие;
- определяться на основе реальной нагрузки в условиях эксплуатации и быть однозначным;
- иметь количественное выражение, лучше всего в виде относительных величин;
- обеспечивать решение задач по планированию, управлению, развитию эксплуатации;
- обеспечивать решение задач по совершенствованию конструкции;
- иметь физический смысл и быть устойчивым.

Наиболее общее требование состоит в том, чтобы оценка энергетической эффективности по своей сути была комплексной и системной для обеспечения органического единства технических, экономических, организационных, социальных и экологических аспектов при поисках решений проблемы по повышению эффективности эксплуатации грузовых автомобилей.

На основании этого установлено, что энергетическая эффективность грузового автомобиля – относительный показатель, характеризующий преобразование энергии конструкций в механическую энергию, необходимую для преодоления сил сопротивления движению в условиях эксплуатации:

$$\eta = \frac{E}{E_Q} \quad (14)$$

где  $E$  – механическая энергия, необходимая для преодоления сил сопротивления движению, Дж;  $E_Q$  – потенциальная энергия топлива, Дж

$$E_Q = Q q \rho_T \quad (15)$$

где  $q$  – удельная теплота сгорания топлива, Дж/кг;  
 $Q$  – количество фактического израсходованного топлива, л;  
 $\rho_T$  – плотность топлива, кг/л.

Механическая энергия, указанная в числителе формулы (14) должна соответствовать вышеустановленным требованиям, в связи с чем, требуется разработка метода оценки энергетической эффективности грузового автомобиля с учётом нагрузки в условиях эксплуатации.

## Библиографический список:

1. Евсеев П.П. Расчетное определение КПД автомобиля. – М.: Автомобильная промышленность. – 2011. – № 9. – С. 11-15.
2. Mahayadin A.R. Efficient methodology of route selection for driving cycle development. *Journal of Physics: Conference Series*, 2017.
3. Евсеев П.П. Оценочные показатели функционирования автомобиля. – М.: Автомобильная промышленность. – 2011. – № 11. – С. 9-13.
4. Abdurazzokov U., Sattivaldiev B., Khikmatov R., Ziyaeva Sh. Method for assessing the energy efficiency of a vehicle taking into account the load under operating conditions. *Web of Conferences*. – Tashkent: Tashkent State Transport University, 2021.
5. Басков В.Н., Рейн А.Р. Энергетический подход к оценке транспортной работы при выполнении перевозочных услуг. – Волгоград: Научное обозрение, 2013. – № 12. – С. 383-386.
6. Копылов В.И. Оценка энергетической эффективности транспортной работы автомобиля. – М.: Автомобильная промышленность, 2010. – № 12. – С. 3-7.
7. Трёмбовельский Л.Г., Кушвид Р.П. Комплексная оценка эффективности автотранспортных средств. – М.: Издательский Дом ААИ ПРЕСС, 2011. – № 1. – С. 23-25.
8. Трёмбовельский Л.Г. Повышение эффективности автомобиля за счет согласования характеристик его основных систем: монография. – М.: МГИУ, 2010.
9. Khakimov Sh.K., Mukhitdinov A.A., Abdurazzokov U.A. Estimation of efficiency of the road train used in mountain conditions. October 2016, *European Science Review*. DOI:10.20534/ESR-16-7.8-233-234.
10. Трёмбовельский Л.Г. Комплексный подход к формированию топливно-скоростных свойств и производительности АТС. – М.: Издательский Дом ААИ ПРЕСС. – 2011. – № 2. – С. 48-50.
11. Мелисаров В.М., Каменская М.А., Беспалько П.П., Каменский А.М. Тепловой расчёт и тепловой баланс дизельного двигателя без наддува и с турбонаддувом. Расчёт основных деталей двигателя: учебное пособие. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 100 с.
12. Knittel Christopher. Automobiles on Steroids: Product Attribute Trade-Off and Technological Progress in the Automobile Sector // *American Economic Review*. – 2011. – Vol. 101(7), pp. 3368–3399.
13. Rask E., Rousse A. Evaluating Real World Drive Cycles to Support APRF Technology Evaluations // Argonne National Laboratory. – 2012. – 17 p.
14. Amirjamshidi G., Roorda M. Development of Simulated Driving Cycles: Case study of the Toronto Waterfront Area. *Transp. Res. Board Annu.* – Vol. 34, no. 227, 2013, pp. 255-266.
15. Galgamuwa U., Perera L., Bandara S. Developing a General Methodology for Driving Cycle Construction: Comparison of Various Established Driving Cycles in the World to Propose a General Approach. *J. Transp. Technol.* – Vol. 5, no. 5, 2015, pp. 191-203.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
Заводы жемчужины и металлов

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

## РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В НАВОЙСКОМ ЭНЕРГОРЕГИОНЕ



**Эшев Х.Х.,**  
начальник научно-технической лаборатории  
АО «Навоийская ТЭС»

*Iste'molchi yuklamalarining ortishi bilan, ayniqsa energiya tizimining uzoq nuqtalarida kuchlanishning pasayishi kuzatiladi. Nominal darajada kuchlanishni saqlab turish har doim operativ xizmat ko'rsatuvchi xodimlar uchun dolzarb masaladir. Kuchlanishning pasayishi ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarining yomonlashishiga olib keladi.*

*Elektr stansiyalarida kuchlanishni tartibga solish avtomatik kuchlanishni sozlash moslamalari yordamida amalga oshiriladi. Sifatli elektr energiyasi bilan ta'minlash va zamonaviy bug'-gaz qurilmali (BGQ) elektr stansiyalarining generatorlarida kuchlanishni saqlash uchun tizim stabilizatorlari qo'llaniladi, ularning xarakteristikalari vazifani sifatli bajarishga imkon beradi.*

**Tayanch iboralar:** kuchlanishni sozlash, quvvat yo'qotilishi, kuchlanishning pasayishi, elektr uzatish liniyasi, qo'zg'atishni avtomatik boshqarish, generatorlar, Issiqlik elektr stansiyasi, tizim stabilizatorlari.

*С увеличением нагрузок потребителей особенно на удаленные точки энергосистемы наблюдается снижение напряжения. Поддержание напряжения на уровне номинала всегда является актуальным вопросом эксплуатирующего персонала. Снижение напряжения приводит к ухудшению технико-экономических показателей производства.*

*Регулирование напряжения осуществляется на электрических станциях устройствами автоматического регулирования напряжения. Для более качественного обеспечения электрической энергией и поддержания напряжения на генераторах современных электрических станциях парогазовых установок (ПГУ) применяются системные стабилизаторы, характеристики которых дают возможность более качественно справляться с поставленной задачей.*

**Ключевые слова:** регулирование напряжения, потери мощности, падение напряжения, линия электропередачи, автоматическое регулирование возбуждения, генераторы, тепловая электростанция, системные стабилизаторы.

Качество электроэнергии характеризуется показателями, определяющими степень соответствия напряжения ( $U$ ) и частоты ( $f$ ) в сети их нормированным значениям. Как известно, работа всех электропотребителей наиболее целесообразна с технической и экономической точки зрения при номинальных параметрах ( $f_{ном}$ ,  $U_{ном}$ ,  $I_{ном}$ ) [1]. Рост требований к показателям качества электроэнергии с вводом новых современных электропотребителей в производстве, общеизвестно. В настоящее время, действуют нормативные документы, устанавливающие требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения переменного однофазного и трехфазного тока, частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются потребители электрической энергии. К показателями качества электрической энергии, для которых установлены допустимые значения, относят: отклонения напряжения, размах изменения напряжения, колебания напряжения, коэффициент не синусоидальности кривой напряжения, коэффициент обратной последовательности напряжений, отклонения частоты.

Отклонение частоты одинаково для всей энергосистемы, так как значение частоты в данный момент определяется частотой вращения генераторов. Поэтому отклонение частоты – это общесистемный показатель качества электроэнергии. Напряжения в различных точках сети имеют разные значения. Исходя из этого, показатели качества напряжения имеют местных характер, т. е. имеют разные значения в различных точках электрической сети. Поддержание напряжения на шинах потребителей находящихся на

разных расстояниях от источника энергии на должном уровне, задача не простая. Навоийский энергорегион является одним из производственных регионов Республики, где расположен ряд крупных энергоёмких потребителей электрической энергии. Данные потребители в основном расположены на определенной удаленности от источника электрической энергии.

В целях поддержания стабильности и надежности электропитания потребителей региона необходимо рассмотреть вопрос ввода новых источников активной и реактивной мощности.

С этой целью, в 2012 г. впервые в Республике, на базе Навоийской ТЭС была введена в эксплуатацию парогазовая установка комбинированного цикла (ПГУ КЦ) мощностью 478 МВт. Следом, за последние 7 лет введены в эксплуатацию ещё два блока ПГУ КЦ по 450 МВт на базе Талимаржанской ТЭС и второй блок мощностью 450 МВт на Навоийской ТЭС. Также введены в эксплуатацию две ПГУ КЦ на базе Тахиаташской ТЭС с общей мощностью 560 МВт.

Одним из важнейших и энергоёмких потребителей региона является АО «НГМК». Последние годы на базе АО «НГМК» ожидается реализация ряда проектов, важных инвестиционных и стратегических объектов для развития горно-добываемой промышленности страны.

Выше перечисленные потребители находятся на достаточно удалённом расстоянии от источников электрической энергии. До недавних пор напряжения на шинах подстанции этих потребите-

лей, в основном в летний период года, наблюдались значительно ниже номинала, что отражало негативное влияние на качество электрической энергии и на состояние электрооборудования производства в целом. Несмотря на всевозможные принятые руководством и техническим персоналом технические меры для компенсации реактивной мощности и увеличения напряжения на требуемом уровне, данная задача долгое время, особенно в период больших потребностей реактивной мощности не находила своего положительного решения.

С вводом в эксплуатацию двух источников реактивной мощности (ИРМ) по 100 МВАр на переключательной подстанции ПП «Бесапан» в 2020 г., на шинах ПС значение напряжения нормализовалось и поддерживается на уровне 220 кВ, что существенно повлияло на качество электрической энергии и на качество эксплуатации электрооборудования предприятия.

Наличие крупных насосных станций в энергоузле с синхронными двигателями с единичной мощностью порядка 10 Мвт каждый, являются основными потребителями реактивной мощности. Также необходимо учесть десятки синхронных и асинхронных электродвигателей (ЭД) участвующих в производствах НГМК и на участках водовода. Все эти перечисленные ЭД являются потребителями реактивной мощности и существенно влияют на значения напряжения, особенно на узлах удаленных подстанциях энергосистемы.

Одной из основных задач работников отрасли энергетики, вырабатывающих электрическую энергию, является поддержание нормального качества отпускаемой энергии – нормированной частоты и напряжения электрического тока [2].

Учитывая рост потребления энергии, а также для качественного обеспечения электрической энергией потребителей, правительством поставлена задача строительства и ввода новых энергоэффективных блоков по всем регионам страны и в Навоийском регионе. Наряду с традиционными электростанциями начато строительство и введены в эксплуатацию несколько возобновляемых источников энергии, такие как гидравлические (ГЭС), ветровые (ВЭС) и фотоэлектрические станции (ФЭС). Например, Карманинская ФЭС, ввод которой осуществлен в августе текущего года.

Режим работы отдельных электростанций, блок станции и сетевой должны определяться с требованиями по надежности и экономичности к режиму энергосистемы Узбекистана, а ее режим к режиму объединенной энергосистемы. Режим объединенной энергосистемы должен определяться требованиями по надежности и экономичности к режиму последней с учетом пропускной способности ее основных сетей [1].

С вводом крупных энергоблоков в системы, вопрос надежности удаленных потребителей не решается полностью, поскольку линии электропередач между источником и потребителем построенные в начале 60-70-х годов прошлого века, с увеличением передаваемой мощности могут не соответствовать пропускной способности ЛЭП. Передачи больших мощностей на удаленный район, очевидно, требуют расчета пропускной способности ЛЭП. Как известно, во избежание потерь мощности и падений напряжений, передачу мощности на удаленные расстояния целесообразно осуществлять на более высоком напряжении. В связи с этим, рассматривается вопрос строительства новых линий электропередач более высокого напряжения.

До сегодняшнего дня в Навоийском энергоузле подстанция мощностью 500 кВ не существовала.

Но с планируемым строительством третьей и четвертой ПГУ КЦ на базе Навоийской ТЭС мощностью по 650 МВт, впервые, в Навоийском регионе будут строиться подстанции с мощностью 220/500 кВ.

В связи со строительством данной подстанции в период до 2026 г. от Навоийской ТЭС до ПС «Мурунтау» планируется строи-

тельство и ввод в эксплуатацию линии мощностью 500 кВ и протяженностью 178 км, с перспективным осуществлением электрической связи с «Тахияташской ТЭС» через подстанцию «Харезм».

Согласно рассматриваемых трех вариантов расчета [3], целесообразен вариант передачи мощности по дополнительно строящейся линии в 500 кВ, что дает возможность сэкономить 94 МВтч электрической энергии, за счет потери активной мощности, что равносильно выработке энергии на традиционных электрических станциях ежечасной экономии 28 000 м<sup>3</sup> природного газа или 32 т.у.т. и на 17 000 м<sup>3</sup> природного газа или 20 т.у.т. на ПГУ КЦ, соответственно.

Сетевыми структурами систематически проводятся мероприятия по снижению потерь мощности и предотвращению падений напряжений на ЛЭП. Несмотря на это, вопросы регулирования и поддержания напряжения на требуемом уровне являются основной задачей источника электрической энергии электростанции.

Для регулирования напряжения и реактивной мощности на Навоийской ТЭС используются возбудители синхронных генераторов, являющиеся источниками реактивной мощности. Регулирование возбуждения основано на пропорциональном (АРВ-ПД) и сильном действии (АРВ-СД). На генераторах эксплуатируемые в электростанциях Узбекской энергосистемы используются возбудители разных типов: машинные, высокочастотные и бесщёточные. Основными функциями которых являются:

- поддержание постоянного (заданного) уровня напряжения в энергосистеме (ЭС) при нормальных условиях её работы;
- повышение устойчивости параллельной работы генераторов ЭС при к.з в сети и при аварийных изменениях мощности;
- повышение пределов мощности передаваемой по сильно загруженным линиям большой протяженности;
- повышение четкости действия устройств релейной защиты при к.з в сетях, за счет увеличения токов к.з.

Эффективность реализации перечисленных функций зависит не только от качества регуляторов, но и от показателей возбудителей [4].

Изменение напряжения генераторов электростанции возможно за счет регулирования тока возбуждения генераторов. Не меняя активную мощность генератора, можно изменять напряжения только в пределах  $\pm U_{\text{ном.г.}}$ , т.е от 0,95  $U_{\text{ном.г.}}$  до 1,05  $U_{\text{ном.г.}}$ .

Отклонение напряжения на выводах генератора более чем на  $\pm 5\%$  номинального приводит к необходимости снижения его мощности. Для стабильного поддержания напряжения на узловых точках подстанции всего региона, это диапазон регулирования напряжения ( $\pm 5\%$ ) по нижеприведенным причинам явно недостаточен.

На каждой ступени трансформации потери напряжения в относительных единицах равны

$$\Delta U_{\text{тр}} \approx 0,1 S_{\text{тр}},$$

где  $S_{\text{тр}} = S_{\text{тр}}/S_{\text{ном}}$  – мощность трансформатора в относительных единицах.

При трех четырех трансформациях потери напряжения в сети составляют 0,3- 0,4  $S_{\text{тр}}$ . Если принять  $P_{\text{нб}}=1$ , а  $P_{\text{нм}}=0,4$ , то при этих условиях потери напряжения в процентах  $U_{\text{ном}}$  в режимах наибольших и наименьших нагрузок соответственно:

$$\sum \Delta U_{\text{нб}\%} \approx 30 \div 40\%, \quad \sum \Delta U_{\text{нм}\%} \approx 12 \div 16\%.$$

Отсюда видно, что диапазон изменения у генератора, составляющий только 10%, явно недостаточен.

Генераторы электростанций являются только вспомогательным средством регулирования по следующим причинам:

- недостаточен диапазон регулирования напряжения генераторами;
- трудно согласовать требования по напряжению удаленных и близких потребителей. Крупные потребители Навоийского энергорайона расположены как на удаленном так и на близком расстоянии.

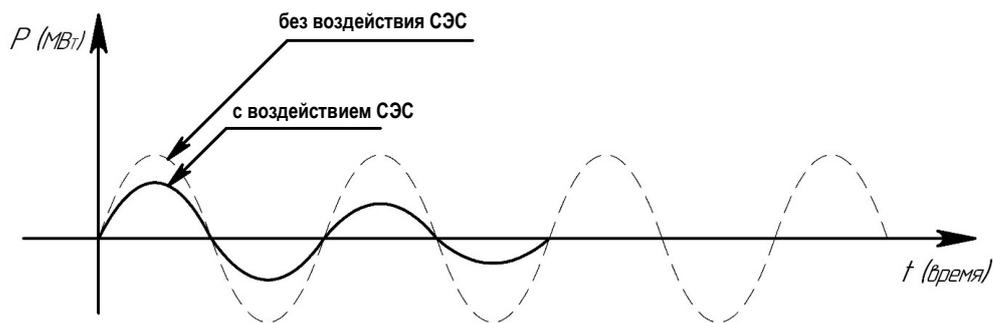


Рис. 1. Характеристики колебаний в системе: а – без воздействия системных стабилизаторов; б – с воздействием системных стабилизаторов

Несмотря на то, что на существующей станции генераторы снабжены устройствами АРВ-СД (автоматическое регулирование возбуждения сильного действия) из-за трудности согласования требования напряжения на разных точках возможности сильного действия обычно не используются. Современные генераторы зарубежных производителей, в том числе компании «Mitsubishi Electric», генераторы которых установлены на ПГУ- 478 и ПГУ-450 Навоийской ТЭС снабжены АРВ в соответствии со стандартами Международной электрической комиссии МЭК (IEEE) (Institute of Electrical and Electronics Engineers), принцип регулирования которых отличается от традиционных АРВ-СД.

Регулирование осуществляется при наличии системных стабилизаторов PSS (Power Stabilization System).

Цель системных стабилизаторов энергосистемы – обеспечение дополнительного управляющего входного сигнала для регулятора напряжения синхронной машины с целью улучшения динамических характеристик энергосистемы. Стабилизирующий сигнал обеспечивает надежное демпфирование электромеханических колебаний, имеющих место в результате возмущений в системе. Наличие в энергосистеме АРВ с PSS обеспечивает скорейшее восстановление возмущений (рис. 1).

#### Библиографический список:

1. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана в годы независимости и перспективы ее развития. – Ташкент, 2016 г. – С. 512.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок. – Ташкент, 2016 г. – С. 59-63.
3. Материалы отчёта института АО «САЭСП».
4. Савельев И.И. Автоматические регуляторы синхронных генераторов. М.: Энергоиздат, 1981. – С. 247.

1M63

## ТОКАРНО – ВИНТОРЕЗНЫЙ 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

## ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ВОПРОСАМ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ



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



**Санакулов У.К.,**  
доктор PhD

*Chiqindisiz va kam chiqindili texnologiyalarning asosiy tushunchalari shakllantirilgan, ularni rivojlantirishning asosiy vazifalari va yo'nalishlari ko'rsatilgan. Tog'-metallurgiya sanoatining chiqindisiz va kam chiqindili texnologiyalarini rivojlantirish xususiyatlari ochib berilgan. Tog'-metallurgiya ishlab chiqarishining kam chiqindili va chiqindisiz texnologiyalarini rivojlantirishning asosiy yo'nalishlari belgilab berilgan bo'lib, ular zararli ishlab chiqarishni kamaytirish maqsadida tubdan yangi yo'nalishlarni, noan'anaviy usullarni ishlab chiqish va mavjud ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishdan iborat. Uning barcha bosqichlarida emissiyalar, xom ashyodan foydalanishning murakkabligi va hosil bo'lgan chiqindilardan to'liq foydalanish.*

**Tayanch iboralar:** atrof-muhitni muhofaza qilish, atrof-muhitni o'rganish, asosiy yo'nalishlar, ekologiya, konchilik, kam chiqindi va chiqindisiz texnologiyalar, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, tog'-kon sanoati, zararli chiqindilar, chiqindilar.

*Сформулированы основные понятия безотходной и малоотходной технологий, намечены основные задачи и направления их развития. Выявлены особенности развития безотходной и малоотходной технологий горно-металлургических производств. Намечены основные направления в развитии мало- и безотходных технологий горно-металлургических производств, которые заключаются в разработке принципиально новых направлений, нетрадиционных способов и в усовершенствовании существующих технологий производства, в целях сокращения на всех его стадиях вредных выбросов, комплексности использования сырья и полного использования образующихся отходов.*

**Ключевые слова:** охрана окружающей среды, экологические исследования, основные направления, окружающая среда, добыча полезных ископаемых, малоотходные и безотходные технологии, рациональное использование природных ресурсов, горно-перерабатывающая промышленность, вредные выбросы, отходы.

Проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды находятся под постоянным вниманием государства. За годы независимости принят ряд законов: «Закон об охране природы», «Закон о недрах», «Закон об отходах» и др., а так же соответствующие Постановления правительства Республики Узбекистан («Положение о государственной экологической экспертизе», «О совершенствовании системы платежей за загрязнение окружающей среды и размещение отходов на территории Республики Узбекистан», «О программе действий по охране окружающей среды Республики Узбекистан» и др.), которые обеспечивают надежную правовую основу стратегии развития экологически чистых технологий при освоении месторождений полезных ископаемых, комплексного освоения природных богатств республики и переработки отходов производств. Только в системе Академии наук Республики Узбекистан около 10 институтов ведут экологические исследования по разным направлениям.

За последнее десятилетие, в мире, резко активизировались дебаты о целях глобального социально-экономического развития, особенно вокруг сохранения целостности окружающей среды. В результате этих дискуссий сформировалась, так называемая, зеленая экономика, которая отражает желания большинства населения нашей планеты. Зеленая экономика определяется как экономика, направленная на снижение экологических рисков и экологического дефицита, цель, которой – устойчивое развитие без ухудшения состояния окружающей среды [1-4]. *Устойчивое развитие базируется на трех основных направлениях, которые дают множество положительных результатов в своем синергетическом эффекте – социальное общество, окружающая среда и экономика.*

Анализируя важность концепции устойчивого развития, следует отметить, что она особенно важна в случае добычи полезных ископаемых. Неотъемлемой чертой этой отрасли является то, что она основана на добыче сырья, что обычно является *не возобновляемым ресурсом*. Поэтому, горнодобывающая промышленность характеризуется особыми производственными условиями и часто обвиняется в негативном воздействии на окружающую среду.

Открытая добыча полезных ископаемых обычно вызывает деградацию поверхности, в то время как подземные горные работы могут быть связаны с ущербом, связанным с добычей полезных ископаемых, и нарушениями в управлении водными ресурсами. Дополнительные обвинения против горнодобывающей промышленности связаны с хранением горно-металлургических отходов.

Однако часто забывают, что с исторической точки зрения, добыча полезных ископаемых является одним из старейших видов деятельности человека, имеющим большое значение для развития и прогресса человечества.

Добываемые и используемые полезные ископаемые определили экономическое и цивилизационное развитие всех без исключения государств. И сегодня существует множество областей экономики, которые своим ростом обязаны развитию горнодобывающей деятельности.

За последние 50 лет произошли явные изменения в динамике потребления природных ресурсов. Наибольший прирост был зафиксирован в группе промышленных и строительных ресурсов, в основном за счет таких стран, как Китай и Индия. Этот факт ясно указывает на взаимосвязь между добычей этих ресурсов и экономическим ростом.

Для стран СНГ значение минерального сырья можно показать на примере России, где минеральное сырье составляет около 75% объема вовлеченных в промышленное производство природных ресурсов, из него производится более 90% продукции тяжелой промышленности и свыше 85% потребляемой обществом энергии (горные предприятия, топливная промышленность, энергетика, черная и цветная металлургия, химическая промышленность, строительная индустрия и др.).

Республика Узбекистан располагает крупными запасами полезных ископаемых, обеспечивающих сбалансированный рост всех базовых отраслей национальной экономики. В валовом национальном продукте республики доля горно-металлургического комплекса составляет около 26%. В Узбекистане разведано 1466 месторождений, включающих 72 вида минерального сырья. Подготовленные к отработке запасы всех видов минерально-сырьевых ресурсов в стоимостном выражении оцениваются в 1,880 трлн. долл. США, а суммарный потенциал минерально-сырьевых ресурсов составляет более чем 10,960 трлн. долл. США.

Ключевым элементом устойчивого развития в сфере добычи и использования минеральных ресурсов является рациональное и экономичное управление. По этой причине горнодобывающие компании по всему миру все больше осознают свою роль и влияние на цели устойчивого развития. Несмотря на свое неблагоприятное мнение, горнодобывающая индустрия пытается доказать, что не противоречит принципам устойчивого развития, и прилагает все усилия для их поддержки.

Наша концепция устойчивого развития горно-перерабатывающей промышленности нацелена в первую очередь на решение вышеперечисленных целей и задач, и особенно в области охраны окружающей среды. Основой нашей концепции является безотходное производство. Еще в начале прошлого века отмечал Д.И. Менделеев: «*В химии нет отходов, а есть неиспользованное сырье*».

Впервые малоотходные и безотходные технологии как главный путь инженерно-экологического развития общества были предложены в середине 60-х годов прошлого столетия академиками Виноградовым А.П., Петряновым И.В., Ласкориним Б.Н. и Семеновым Н.Н. На основе предложенных ими рекомендаций и решений, а также нынешние требования рыночной экономики предполагают не только максимально полезно использовать потребляемые сырьевые ресурсы, но и пытаться полностью перерабатывать образующиеся отходы. Термин «безотходная технология» появился в документе ООН в «Декларации о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов», принятом странами-членами ООН на совещании, состоявшемся в далеком 1979 г. в г. Женеве (Швейцарская Конфедерация). В Декларации, само определение, звучало так: «Безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств для обеспечения в рамках человеческих потребностей наиболее рационального использования природных ресурсов, энергии и защиты окружающей среды».

Через несколько лет на семинаре Европейской экономической комиссии ООН по малоотходной технологии, проходившей в 1984 г. в г. Ташкенте (Узбекистан) были подведены некоторые итоги по разработке и внедрению мало- и безотходных производств в разных странах. На этом семинаре было принято новое определение безотходной технологии: «*Безотходная технология – это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы, таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования*»[5].

По результатам проведенных международных форумов определены главные направления сотрудничества в области безотходных производств:

- научно-технические аспекты;
- рациональное использование природных ресурсов и энергии путем разработки и внедрения новых технологий и совершенствования существующих;
- использование новых энергетических ресурсов, создание новых замкнутых водооборотных систем и утилизацию материально-энергетических потерь;
- социально-экологические параметры;
- проведение анализов и научного прогнозирования краткосрочных и долгосрочных последствий развития материального производства для человека, флоры и фауны, сохранение нормальных условий развития природных экосистем.

Безотходная технология может развиваться в нескольких направлениях:

- создание бессточных технологических систем на базе существующих, внедряемых и перспективных способов очистки. При этом достигается резкое уменьшение потребления воды, но, как правило, образуется вторичное загрязнение в виде твердых осадков или насыщенных растворов;
- разработка и внедрение систем переработки отходов производства и потребления, которые следует рассматривать как вторичные материальные ресурсы. При эксплуатации современных систем водо- и газоочистки образуются твердые отходы, представляющие собой концентрированную смесь загрязняющих веществ;
- организация принципиально новых процессов для получения продукции, позволяющих исключить или сократить этапы переработки (или технологические стадии), на которых образуется основное количество отходов;
- разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с замкнутой структурой материальных потоков сырья и отходов внутри ТПК, имеющих минимум выбросов.

Переход на безотходную технологию для любого предприятия должен состоять из двух этапов. На первом этапе перерабатываются ранее образовавшиеся в процессе производства отходы. На втором этапе организуется безотходная переработка как таковая. Мы не питаем иллюзий, и прекрасно понимаем, что сегодня реальность безотходной технологии в горно-перерабатывающем секторе очень призрачна, и данная технология больше похожа на мечту, чем на реальный производственный процесс. Но мы считаем, что в данном вопросе главное не сиюминутное осуществление данной технологии, и даже не ее реализация в ближайшие десять лет, главным мы считаем, то, что выбранный мейнстрим горно-перерабатывающей промышленности в сторону безотходной технологии будет объединять в себе три вышеназванных направления устойчивого развития (социальное общество, окружающая среда и экономика), способствовать достижению главных целей каждого из этих направлений – устойчивое справедливое общество для первого, устойчивая благоприятная окружающая среда для второго, и устойчивое духовное и материальное обеспечение для третьего направления. Несколькими веками раньше горно-добывающей промышленности потребовались столетия, чтобы заменить ручной труд на лошадиную силу, а лошадиную силу – на паровой, топливный и электрический двигатели. Безотходная технология имеет не меньшее значение, и переход к парадигме «отходы = ноль» также займет десятилетия.

По мере того, как будут решаться эти амбициозные задачи, будут выявляться проблемы, препятствующие безотходной технологии, которые сейчас трудно назвать, но с уверенностью можно сказать, что именно решение этих, неизвестных сейчас проблем, приведет к решению главной задачи – созданию безотходной технологии добычи и переработки руды. Стремление к безотходной тех-

нологии будет инициировать и создавать многочисленные предпосылки для устойчивого развития каждого направления в отдельности, координировать их между собой, что может привести к многим положительным синергетическим эффектам, которые сейчас даже трудно представить. Сохраняя свою определяющую роль в развитии человечества можно предположить, что безотходное направление развития горно-перерабатывающей промышленности положительно скажется и на развитии всего человеческого общества. Со временем вероятность осуществления данного направления будет только увеличиваться, как увеличивается цена на земельный участок в центре Нью-Йорка с начала образования этого мегаполиса.

Мы прекрасно понимаем, что достижение таких амбициозных целей в горно-перерабатывающей промышленности сопряжено со значительными трудностями. Поэтому на начальном этапе разработки безотходной технологии необходимо решить задачу максимальной минимизации отходов т.е. речь идет о *малоотходной технологии*. Малоотходная технология должна решить несколько задач. Она должна выполнить первый этап разработки безотходной технологии – переработать ранее образовавшиеся в процессе производства отходы. Но самая главная задача малоотходной технологии, мы считаем, это решение вопросов второго направления устойчивого развития – создание устойчивой благоприятной окружающей среды. Первоочередность данного направления связана со многими факторами:

- существующая сложная глобальная экологическая обстановка;
- ужесточение нормативных требований к вредным выбросам и хранению отходов;
- дефицит водных и энергетических ресурсов;
- достижение предельной загрузки.

Сейчас очень много говорится, и пишется в средствах массовой информации о сложной глобальной экологической обстановке, связанной с глобальным изменением климата. Как может повлиять глобальная экологическая обстановка на все живое, и на человека в первую очередь? Из наиболее характерных научных исследований направленных на изучение влияния глобального климата на живой мир Земли, можно рассмотреть работу ученых США, Великобритании и ЮАР [5]. Ученые изучили и спрогнозировали поведение более 30 тыс. видов морских и наземных живых организмов в течение 150 лет (1850...2100 г.), и связали это с фактическими (прогнозируемыми) данными температуры и осадков на Земле за это же время. Результаты исследований показали, что при глобальном потеплении на 2°C может исчезнуть 2% всех видов животных, при потеплении на 4°C исчезнет 15% всего живого. Температура поверхности Земли с начала 20 века только повышается, причем увеличивается и прирост температуры. Если в 60...80-х годах каждые 10 лет потепление составляло от 0 до 0,2°C, то с 1980 по 2000 год десятилетний прирост составил уже от 0,2 до 0,4°C. С 2010 по 2020 г. температура поверхности Земли увеличилась на 1°C. Вероятная величина дальнейшего роста температуры на протяжении XXI века на основе климатических моделей может составить от 1°C до 4,8°C за десятилетие. По *возможному сценарию потепления на 4,8°C исчезнет больше 15% живых организмов.*

Из-за ухудшения глобальной климатической обстановки 12.12.2015 г. недалеко от Парижа (Ле-Бурже) во Франции 196 стран подписали Соглашение ООН по климату, которое сегодня известно как *Парижское соглашение по климату* [6]. Оно «направлено на укрепление глобального реагирования на угрозу изменения климата в контексте устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты, в том числе посредством:

- *удержания прироста глобальной средней температуры намного ниже 2°C сверх доиндустриальных уровней и приложения усилий в целях ограничения роста температуры до 1,5°C, признавая, что это значительно сократит риски и воздействия изменения климата;*

- *повышения способности адаптироваться к неблагоприятным воздействиям изменения климата и содействия сопротивляемости к изменению климата и развитию при низком уровне выбросов парниковых газов таким образом, который не ставит под угрозу производство продовольствия;*

- *приведения финансовых потоков в соответствие с траекторией в направлении развития, характеризующегося низким уровнем выбросов и сопротивляемостью к изменению климата».*

Климатические катастрофы первых годов после Парижского соглашения (2016...2018 гг.) показали, что необходимо принимать более срочные меры по снижению глобального потепления.

В 2020 г. Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш выступил с Заявлением о достижении глобальной углеродной нейтральности к 2050 г.:

*«Последнее десятилетие было самым теплым в истории человечества; в октябре 2020 г. площадь арктического льда сократилась до рекордного значения, а катастрофические пожары, наводнения, засухи и ураганы все чаще становятся новой нормой. Биологическое разнообразие сокращается, пустыни расширяются, океаны нагреваются и задыхаются от пластмассовых отходов. Наука говорит нам, что, если мы не обеспечим сокращение добычи ископаемых видов топлива на 6% ежегодно с сегодняшнего дня и до 2030 г., положение еще более ухудшится. Вместо этого прогнозы указывают на ежегодный рост такой добычи на 2%. Мы должны принять следующие меры.*

*Во-первых, нам необходимо сформировать подлинно глобальную коалицию за углеродную нейтральность к 2050 г.*

*Каждая страна, город, финансовая организация и компания должны принять планы по выходу на нулевой баланс выбросов, и следует действовать уже сейчас, чтобы встать на правильный путь, ведущий к достижению этой цели, что означает сокращение глобальных выбросов на 45% к 2030 г. по сравнению с показателями 2010 года.*

*Во-вторых, нам необходимо привести международную финансовую систему в соответствие с Парижским соглашением и целями в области устойчивого развития, которые представляют собой глобальный план для построения лучшего будущего.*

*В-третьих, мы должны найти инновационное решение для обеспечения адаптации и жизнестойкости, чтобы помочь тем, кто уже сталкивается с тяжелыми последствиями изменения климата.*

*Изменение климата подвели нас к порогу. Мы не можем вернуться к старой норме, для которой было характерно неравенство и уязвимость; вместо этого мы должны встать на более безопасный и более устойчивый путь. Это сложное испытание для нашей политики и неотложная проверка наших моральных устоев. Поскольку наши сегодняшние решения определяют наш курс на многие десятилетия вперед, мы должны рассматривать восстановление после пандемии и действия в интересах климата как две стороны одной медали».*

Многие страны откликнулись на призыв ООН. На 2021 г. 2 страны уже достигли нулевых выбросов (Суринам и Бутан), 16 стран приняли закон о нулевых выбросах к 2050 г. (Германия, Великобритания, Швеция, ЕС, Япония, Франция, Южная Корея, Канада, Испания, Дания, Новая Зеландия, Венгрия, Люксембург, Ирландия, Чили, Фиджи), В остальных страны намереваются или обсуждают данную инициативу.

США заявил, что к 2030 г. снизит углекислые выбросы на 50% с 6500 Мт CO<sub>2</sub> эквивалента до 3200 Мт CO<sub>2</sub> эквивалента, при производстве электроэнергии, добить 100%-го отсутствия выбросов углерода к 2035 г. Король Саудовской Аравии заявил о том, что к 2030 г. возобновляемые источники энергии будут обеспечивать 50% потребностей страны. Премьер-министр Трюдо Д. заявил о намерении Канады к 2030 г. сократить выбросы углекислого газа до

511 Мм/г, что на 30% ниже показателей 2005 г., а к 2050 г. полностью прекратить вредные выбросы в атмосферу. Премьер-министр Индии Нарендра Моди заявил о производстве возобновляемой энергии, в основном солнечной, до 450 ГВт к 2030 г. Председатель КНР Си Цзиньпин заявил, что Китай будет стремиться достигнуть пика по выбросам углекислого газа к 2030 г. и углеродной нейтральности к 2060 г. На 2022 г. Парижское соглашение ратифицировано 186 странами в т. ч. и Узбекистаном.

5 октября 2021 г. члены Международного совета по горно-металлургической промышленности (ICMM), в состав которой входят такие известные компании как *Rio Tinto (Великобритания)*, *Newmont (США)*, *Barrick (США)*, *Codelco (Чили)*, *Polyus (Россия)*, *Gold Fields (ЮАР)*, *Freeport-McMoRan (США)*, подписали обязательства по обеспечению нулевых выбросов парниковых газов к 2050 году или раньше, в соответствии с амбициями Парижского соглашения [7]. Приняв общие обязательства по нулевым выбросам, каждая из этих компаний будет разрабатывать свои планы по их достижению. Нетрудно догадаться, что при всей своей индивидуальности данные планы будут сведены к трем основным положениям:

1. «Нулевая вода».
2. «Нулевая энергия».
3. «Нулевые отходы».

*Нулевая вода* означает ограничение потребления водных ресурсов и возвращение их обратно в тот же водораздел, чтобы не истощать ресурсы этого региона по количеству или качеству в течение календарного года.

*Нулевая энергия* означает производство из возобновляемых источников столько энергии на месте, сколько используется в течение календарного года.

*Нулевые отходы* означает сокращение, повторное использование и восстановление потоков отходов для преобразования их в ценные ресурсы с нулевым выбросом твердых отходов на хвостохранилище в течение календарного года т.е. отсутствие хвостохранилища.

Самыми важными материалами, которые необходимы для горно-металлургической промышленности являются электроэнергия и вода. По нашим данным среднемировой удельный расход электроэнергии в горно-металлургической промышленности составляет не более 100 кВтч/т руды, а удельный расход воды составляет не больше 1 м<sup>3</sup>/т руды. Энергия и вода в мире неразрывно связаны. В условиях растущего спроса на ресурсы и усугубления проблем, связанных с изменением климата, нехватка воды может угрожать долгосрочной жизнеспособности энергетических проектов и препятствовать развитию. Экономия воды, сокращение энергопотребления и устранение твердых отходов могут улучшить окружающую среду, сэкономить деньги и помочь сообществам стать более устойчивыми в социальном плане. Сегодня достигнуть этих целей невозможно, особенно в горно-металлургической промышленности. Даже представить нельзя, что золотопроизводящий завод будет возвращать всю воду, которая нужна для добычи и производства золота, а электроэнергия, которой требуется до нескольких миллиардов киловатт в год, будет вырабатываться солнечными панелями. То, что отходов или хвостохранилищ не будет вообще – сегодня вызывает огромное сомнение у ведущих специалистов мира.

Поэтому, понимая серьезность глобальной экологической проблемы и технико-технологические возможности современной индустрии эти основные цели горно-металлургической промышленности, мировые лидеры обязуются достигнуть к середине нынешнего века. Многие страны уже сейчас принимают у себя решительные меры по ужесточению нормативных требований к вредным выбросам и хранению отходов.

На наш взгляд, есть еще один немаловажный фактор, который определяет сегодняшнюю острую необходимость перехода к безотходным технологиям и в первую очередь к малоотходным.

Этот фактор гораздо прозаичнее, потому что связан с обычными бытовыми проблемами, с которыми очень хорошо знаком любой. На протяжении многих столетий основным транспортным средством была лошадь. С ростом населения росло и количество лошадей. Пока развитие человеческого общества шло за счет сельского хозяйства содержать лошадей кормить, поить, размещать в конюшне было возможно. В начале XVIII в. в Европе начинается промышленная революция, начинают образовываться большие города (Лондон, Париж, Вена) и лошадь остается главным транспортом, но содержать лошадей в городе уже становится сложнее. За XIX в. особенно в конце века произошел бурный рост населения европейских городов, а вместе с ним и количество лошадей. В 1897 г. население Лондона составляло более 6 млн человек, количество лошадей достигло 1 миллиона! Такое количество лошадей не только содержать, но даже места для их проезда на улицах Лондона не хватало. К этому нужно добавить то, что улицы крупных городов были завалены конским навозом, а переход через улицу означал, что ваши одежды тоже увязнут в данном продукте.

Поэтому человек был вынужден изобрести двигатель внутреннего сгорания (ДВС), который заменил лошадь и решил названные проблемы.

Мы называем этот фактор – фактором предельной загрузки. В конце XIX в. сработал фактор предельной загрузки такого транспортного средства, как лошадь и его заменил ДВС. Сегодня уже ДВС достиг своего предела. Мы видим, что сегодняшним автомобилям, как и лошадям в начале XX века, тоже не хватает места и их содержание тоже обходится человеку очень дорого, но главное современный автомобиль лишает человека самого главного – воздуха.

Для горно-металлургической промышленности существует несколько факторов предельной загрузки. Как сказано выше удельный расход электроэнергии на добычу и переработку 1 т руды составляет около 100 кВтч. Но для экономики главными расходными показателями являются показатели на единицу готовой продукции. Неважно сколько добыто и переработано золотосодержащей руды, главное, сколько золота из этой руды выплавлено. Значит главным экономическим критерием должно быть содержание золота в руде, чем больше содержание, тем больше будет получено золота и наоборот. Сегодняшняя ситуация показывает тенденцию к снижению содержания всех без исключения полезных ископаемых, в том числе и по золоту. В настоящее время среднемировое содержание золота в золотосодержащих рудах составляет от 1,5 до 2,5 г/т [8] (рис.1). Если такая тенденция продолжится, то через десять лет золото нужно будет извлекать из руды с содержанием меньше 0,5 г/т руды.

Следовательно, расход электроэнергии с 50 кВт за 1 г золота возрастет до 150 кВт за 1 г, т.е. в три раза. Здесь, к сожалению, можно спрогнозировать цену на золото в ближайшие годы, если все останется «по старому». Но для нас главным является то, что даже 50 кВтч электроэнергии является предельным фактором электроэнергии для горно-металлургической промышленности, при котором дальнейшее существование последней невозможно. Расход 50 кВтч на получение 1 грамма золота, это тоже самое, что и 1 млн лошадей на улицах Лондона.

Та же ситуация и с расходом воды. Уже сегодня расход воды в 0,5 м<sup>3</sup> на получение 1 грамма золота мы тоже считаем предельной цифрой для расхода воды.

И главное, в предельные факторы загрузки мы включаем основную, на наш взгляд, фактор для горно-металлургической промышленности – это фактор безотходной технологии производства. Данный фактор трудно оценить количественно из-за отсутствия системы подсчета производственных отходов, поэтому мы предлагаем, этот фактор ограничить временем. Мы думаем и надеемся, что если мировые лидеры горно-металлургической промышлен-

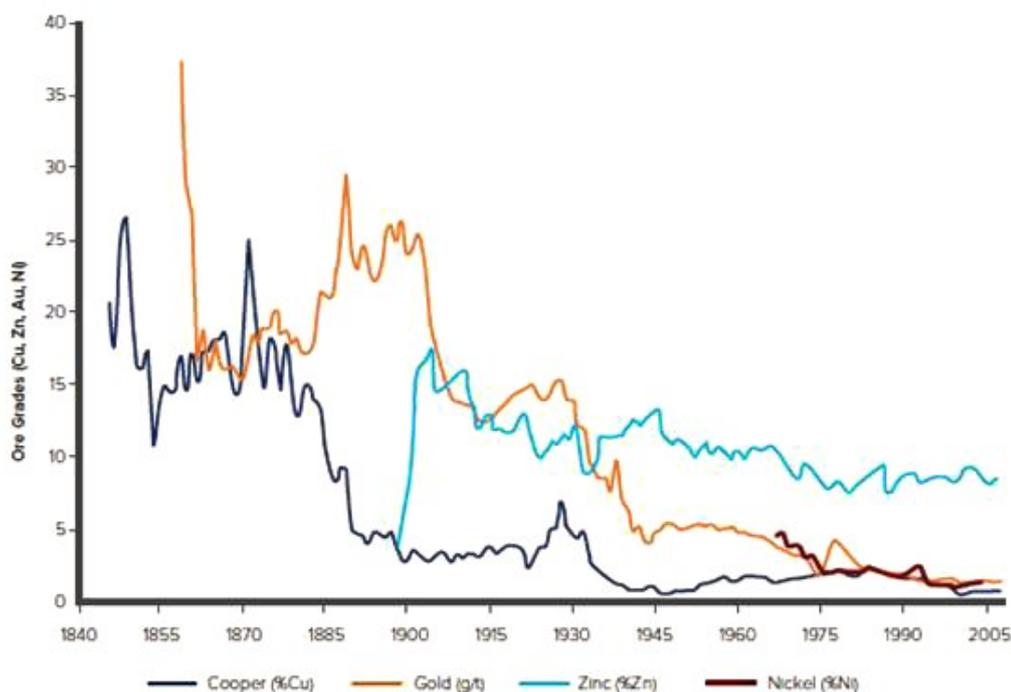


Рис. 1. Изменение среднего содержания в руде некоторых металлов [8]

ленности обяжутся к 2050 г. достичь нулевых выбросов своих производств, то безотходные технологии будут или должны быть разработаны несколько раньше, мы думаем это должно произойти в 2030...2040 гг. Но разрабатывать эти технологии нужно уже сегодня, а лучше всего «вчера».

При разработке малоотходной технологии не достаточно просто рассмотреть отходы, образующиеся при добыче и переработке, и решить, что с ними делать. Очень важным вопросом здесь становится вопрос минимизации отходов. По-прежнему необходимо лучше понимать, какие отходы образуются в результате добычи – от разведки до добычи, переработки, и закрытия месторождений. Как только появится понимание того, какие типы и объемы отходов

образуются, возникает необходимость бросить вызов тому, остаются ли известные методы добычи пригодными для этой цели, и какие изменения необходимы, чтобы уменьшить количество отходов, которые производятся в первую очередь, например, в связи со снижением содержания руды. Это требует сотрудничества между различными дисциплинами отработки месторождения, в первую очередь между геологией, горным делом и технологией переработки, чтобы обеспечить лучшее определение рудных тел на этапе разведки, чтобы обеспечить большую точность добычи, уменьшить потребность в очистке и удалении вскрышных пород и привести к более высокому извлечению ценного компонента при переработке руды. Усовершенствованная характеристика и понимание рудных тел не только оптимизируют добычу, но и поможет в добыче руды, что приведет к уменьшению отходов и снижению потребления энергии и воды. Минимизация отходов часто приводит к повышению производительности и, безусловно, является первым этапом пути, который должны пройти горнодобывающие компании, чтобы перейти к безотходной добыче.

Следующей задачей является рассмотрение оставшихся материалов или веществ, которые являются побочным продуктом процесса добычи, и определение того, являются ли они на самом деле «отходами» или, возможно, ресурсом, который будет использоваться в другом месте в процессе добычи или в какой-либо другой отрасли.

Горнодобывающие компании должны изучать возможности повторного использования и переработки отходов. Все чаще побочные продукты горнодобывающей промышленности рассматриваются для использования в качестве строительных материалов и в качестве сырья для производства цемента или других инфраструктурных проектов. Цель состоит в том, чтобы перейти от линейного мышления к круговому мышлению (рис. 2), где взаимодействие между различными горнодобывающими и другими отраслями настоятельно рекомендуется.

При этом возможности защиты природных ресурсов и минимизация воздействия на окружающую среду и общество значительно выше, чем при проблемном складировании и хранении отходов. Однако многое по-прежнему ограничивает этот сдвиг: экономические

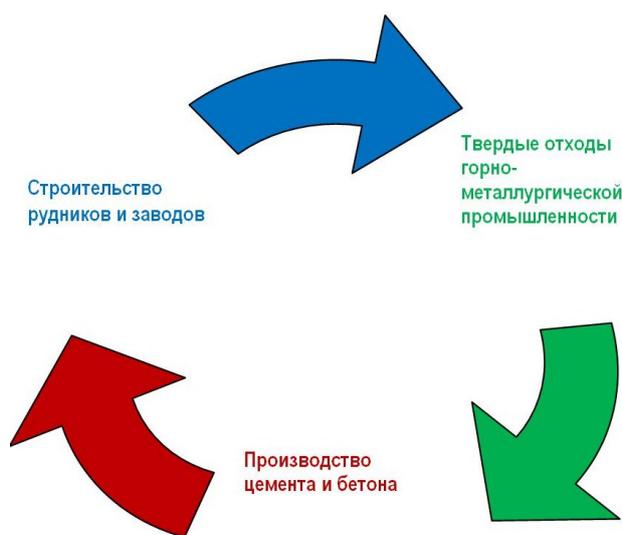


Рис. 2. Пример использования твердых отходов для строительной индустрии

и технические ограничения и, самое главное, пробелы в знаниях. Необходимо проведение большого количества исследований для достижения цели мало- и безотходного производства.

Хотя повторное использование побочных продуктов не является основным видом деятельности горнодобывающих компаний, оно может превратить то, что в противном случае было бы статьей расходов, в статью доходов, а горнодобывающие компании стать частью более крупной цепочки создания стоимости. Для этого, однако, должен быть рынок для побочного продукта, и экономика должна быть прибыльной. Может оказаться, что горнодобывающие предприятия расположены близко к этим рынкам. Транспортировка побочных продуктов на большие расстояния до рынков сопряжена с затратами, которые могут сделать это нецелесообразным. Материалы, произведенные из отходов, могут быть важным инструментом для достижения необходимых целей в других областях, таких как использование возобновляемых источников энергии и внедрение электромобилей. Поэтому необходимо переходить от восприятия отходов как проблемы к *понятию отходов как ресурсов*.

Одним из направлений при разработке безотходных технологий является переработка отходов на месте и в момент их возникновения. Чем дальше удаляются отходы от места их образования, тем более усложняется эта задача и на каком-то этапе она становится неразрешимой. Поэтому при разработке технологических схем очистки и обеззараживания вредных поступлений в окружающую среду следует исходить из принципов локальной первичной очистки независимо от конкретного вида отходов. Допустимо объединение родственных по компонентам отходов, требующих одинаковой обработки. Даже самые безвредные отходы, накапливающиеся в большом количестве, будут активно воздействовать на сложившееся равновесие и, следовательно, негативно влиять на экологические параметры окружающей среды.

Стратегия освоения месторождений полезных ископаемых должна одновременно обеспечивать экономическую целесообразность и экологическую безопасность добычи и переработки минеральных ресурсов.

Наилучшим подходом является так называемая экологическая разработка, обогащение добытого топлива и минералов, утилизация отходов. Отходы образующиеся, например, при обогащении угля, фосфоритов, серы, являются перспективным материалом для строительства дорог, плотин и фундаментов зданий, их можно использовать в качестве компонентов удобрений.

Значительный потенциал для повторного использования отходов существует в горнодобывающей промышленности. Безотходный процесс возможен путем модернизации операций открытой разработки, сбора и промышленного использования отходов. Для всех отраслей горнодобывающей промышленности меры по утилизации отходов следует считать частью рационального использования земельных ресурсов. Основные задачи в развитии мало- и безотходных технологий в цветной и черной металлургии заключаются в разработке принципиально новых направлений, нетрадиционных способов и усовершенствовании существующих технологий металлургического производства в целях сокращения на всех его стадиях вредных выбросов и полного использования образующихся отходов.

В процессе переработки руд и концентратов вредные выбросы находятся в газообразном, жидком и твердом состоянии. К газообразным составляющим относятся окиси серы, углерода и азота, сероводород, сероуглерод, соединения фтора, хлор и хлористый водород, мышьяковистый водород, аммиак, пары ртути, аэрозоли металлов, смолистые вещества, различные углеводороды и многие другие компоненты.

Кислоты (серная, азотная, соляная и др.) и щелочи могут выделяться в технологических процессах в виде паров или жидких растворов. В виде жидких растворов, образующихся в гидрометаллургиче-

ских процессах, выбрасываются токсичные органические и неорганические соединения, соли тяжелых металлов и многое другое.

Твердые отходы выбрасываются в атмосферу в виде пыли или складируются в отвалы и заводские шламонакопители и, что еще хуже, вывозятся просто на свалки. Пыли разной крупности содержат исходные руды и концентраты, уголь, известняк, кварцит, различные огарки, а также возгонки легколетучих элементов. В открытые отвалы складируются твердые отходы, такие как разнообразные шлаки и шламы, хвосты и золы, огарки и отстои, полупродукты, выбросы производства и другие материалы, являющиеся источником загрязнения окружающей местности.

Строительство и содержание шламохранилищ и мест складирования, транспортировка отходов требуют существенных затрат. Одновременно предприятия вынуждены расходовать средства на неотложную ликвидацию последствий загрязнения этими и другими отходами окружающей местности.

Рациональное и комплексное использование полиметаллического минерального сырья является основным направлением организации малоотходных производств и обеспечения устойчивого промышленного развития, уменьшения изъятия земель. Горнодобывающую и металлургическую отрасли промышленности следует рассматривать как единое горно-металлургическое производство и с точки зрения экологических последствий.

Комплексное использование сырья как одно из наиболее эффективных направлений природоохранной деятельности состоит в экономически оправданном извлечении ценных составляющих перерабатываемого сырья и использования других полезных его свойств. Важность и эффективность этой деятельности обусловлены полиэлементностью руд практически всех месторождений и низким содержанием ценных компонентов, следовательно, значительными (по сравнению с другими отраслями) отходами на единицу получаемой продукции.

В качестве примера, показывающего, насколько важно комплексно использовать добываемое сырье, следует отметить, что редкие и рассеянные элементы, как правило, извлекают только в процессе комплексной переработки сырья, содержащего основные металлы. Руды цветной металлургии, каждая в отдельности, могут стать источником одновременного получения нескольких металлов. Степень использования сырья составляет в цветной металлургии в среднем около 25%, в отдельных случаях свыше 60%.

С максимальной эффективностью задача решается в рамках межотраслевого взаимодействия и создания потоков веществ максимальной степени замкнутости. В итоге снижаются удельные техногенные нагрузки на природную среду. Анализ показывает снижение отрицательных эффектов техногенного воздействия путем утилизации отходов за счет создания совместного производства, например, цветной металлургии, химии и промышленности строительных материалов.

Рациональное использование минеральных ресурсов и охрана окружающей среды могут быть решены следующими задачами:

- замыкание в цикле стоков, выбросов, энергетических ресурсов. Это направление связано с определенными затратами, но позволяет значительно уменьшить потребление первичных ресурсов и сократить выбросы;
- утилизация твердых отходов. Позволит уменьшить неблагоприятные воздействия отвалов, сократить затраты, связанные с содержанием отвалов и отчуждением земель. Кроме того, использование вторичных ресурсов одного производства приводит к сокращению потребления первичных ресурсов другими отраслями, исключает экологические последствия строительных карьеров, обогатительных фабрик, предприятий по переработке первичного сырья;
- изменение технологии основного производства как главного пути при создании безотходных технологий.

Этот путь может быть осуществлен на таких уровнях, как:

- повышение профессионального уровня и культуры эксплуатации производства;

- реконструкция и техническое перевооружение производства;
- создание принципиально новых ресурсосберегающих, безотходных производств, отличающихся высоким уровнем инженерного, экономического и экологического совершенства;

- выпуск продукции принципиально нового качества. Это предполагает изготовление более долговечных изделий, не нуждающихся в частой замене, создание механизмов и машин, работающих при малом удельном расходе сырья и энергии, оказывающих в силу особенности конструкции минимальные неблагоприятные воздействия на природные системы;
- экономия ресурсов.

При критериальной оценке экологичности технологий важным является использование критерия экологичности технологических процессов, а также системных критериев, позволяющих оценить качество технологии.

*Инженерные критерии:*

- доступность сырья;
- возможность создания установок большой единичной мощности;

- гибкость и простота управления;
- высокий уровень механизации и автоматизации;
- привлекательность для обслуживающего персонала.

*Экологические критерии:*

- возможность комплексной переработки сырья;
- создание замкнутых циклов;
- малое количество отходов и возможность их квалифицированного использования.

*Экономические критерии:*

- низкие расходные коэффициенты;
- низкие капитальные удельные затраты;
- высокая производительность труда.

К системным показателям универсального значения относятся:

- надежность и безаварийность, позволяющие увеличить срок службы оборудования, исключить перерасход сырья, недопроизводство продукции и залповые выбросы токсичных веществ при авариях, а также перерасход ресурсов, труда, энергии на ликвидацию аварий в период остановок и пусков;

- высокое качество и универсальность продукции, позволяющие добиться максимального эффекта у потребителя, включая и экологический;

- высокая селективность процессов, обеспечивающая минимальные расходы сырья и минимальные выбросы, получение высококачественных целевых продуктов;

- малооперационность и комбинирование технологических процессов, повышающие за счет сокращения числа стадий процесса его надежность, снижающие образование отходов на промежуточных стадиях;

- наличие резервов интенсификации, гибкие технологические решения позволяют при относительно небольших затратах использовать последние научно-технические достижения, резко улучшающие экологические, экономические, инженерные характеристики процесса, аппарата, производства.

Таким образом, к настоящему времени, сформулированы основные понятия безотходной и малоотходной технологий, намечены основные задачи и направления их развития. Выявлены особенности развития безотходной и малоотходной технологий горно-металлургических производств. Намечены основные направления в развитии мало- и безотходных технологий горно-металлургических производств, которые заключаются в разработке принципиально новых направлений, нетрадиционных способов и в усовершенствовании существующих технологий производства, в целях сокращения на всех его стадиях вредных выбросов, комплексности использования сырья и полного использования образующихся отходов.

#### Библиографический список:

1. Санакулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент: «Фан», 2009 г. – 403 с.
2. Санакулов К. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья. Горный вестник Узбекистана № 2, 2019 г. – С. 42-57.
3. Санакулов К. Эффективное использование техногенных ресурсов при кучном выщелачивании золота. – Навои, 2021 г. – 379 с.
4. Эрназаров М., Санакулов У.К., Мавлонов Х., Мирджалилова С. Современный метод переработки техногенных отходов металлургического производства. Республиканская научно-техническая конференция на тему: «Современные проблемы рационального недропользования». – Ташкент, 2013. – С. 178-179.
5. Report of the Seminar. Senior Advisers to ECE Governments on Environmental Problems. ENV/Sem. 15/2. November, 1984.
6. Christopher H. Trisos, Cory Merow & Alex L. Pigot. The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change, Nature, vol. 580. 2020 y., pp. 496-501.
7. Paris agreement. Unated Nations. 2015. – 25 p.
8. ICMM climate change statement. Our commitment to a goal of net zero by 2050 or sooner. 2021. www.icmm.com.
9. Stethen Lizak and all. Low- carbon metals for a low-carbon world: a new energy paradigm for mines. 2019. Rocky Mountain Institute. – 35 p.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 1(88) pp. 100-107

#### PRINCIPAL APPROACHES TO ENVIRONMENTAL ISSUES IN THE MINING AND METALLURGICAL INDUSTRY

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

**JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine, Uzbekistan.**

The basic concepts of zero-waste and minimum-waste technologies are formulated, the main tasks and trends of their development are outlined. The features of development of zero-waste and minimum-waste technologies in mining and metallurgical industries are identified. The key trends in development of minimum-waste and zero-waste technologies in mining and metallurgical industries are outlined, which consist in development of conceptually new trends, non-traditional ways and improvement of existing production technologies, with aim of reduction of harmful emissions at all stages, integrated use of raw materials and complete utilization of generated wastes.

**Keywords:** environmental protection, environmental studies, key trends, environment, mining, minimum-waste and zero-waste technology, rational use of natural resources, mining and processing industry, hazardous emissions, wastes.

## Bibliographic list:

1. Sanakulov K. Scientific and technical bases for the processing of waste from mining and metallurgical production. Tashkent: "Fan", 2009. – 403 p.
2. Sanakulov K. Conceptual bases for solving the problems of processing technogenic raw materials. Mining Bulletin of Uzbekistan. – No. 2, 2019, – pp. 42-57.
3. Sanakulov K. Efficient use of technogenic resources in heap leaching of gold. – Navoi, 2021, – 379 p.
4. Emazarov M, Sanakulov U.K., Mavlonov Kh., Mirdzhalilova S. Modern method of processing industrial waste of metallurgical production. Republican scientific and technical conference on the topic: "Modern problems of rational subsoil use". – Tashkent, 2013, – pp. 178-179.
5. Report of the Seminar. Senior Advisers to ECE Governments on Environmental Problems. ENV/Sem. 15/2. November, 1984.
6. Christopher H. Trisos, Cory Merow & Alex L. Pigot. The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change, Nature, vol. 580. 2020, pp. 496-501.
7. Paris agreement. Unated Nations. 2015. – 25 p.
8. ICMM climate change statement. Our commitment to a goal of net zero by 2050 or sooner. 2021. www.icmm.com.
9. Stethen Lizak and all. Low- carbon metals for a low-carbon world: a new energy paradigm for mines. 2019. Rocky Mountain Institute. – 35 p.

## НФ-1200

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



**NMZ**  
НАВОЙСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

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

## ПЛАСТОВАЯ ВОДА ГАЗОНЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЙРИТАН)



**Разыков З.А.,**  
профессор кафедры ГиНГД  
горно-металлургического института  
Таджикистана, д.т.н., академик международной  
инженерной Академии



**Мирбобоев Ш.Ж.,**  
ст. преподаватель кафедры ГиНГД  
горно-металлургического  
института Таджикистана, к.т.н.



**Ходжибаев Д.Д.,**  
заведующий кафедрой «Экология»  
горно-металлургического  
института Таджикистана, к.т.н.

*Maqolada Ayritan gaz-neft konining suv bosishi tahlili va Shimoliy Tojikiston konlaridagi quduqlarning o'rtacha sutkalik suv bosish ko'rsatkichlari keltirilgan.*

*Ayritan gaz-neft konini o'zlashtirish jarayonida qatlam suvlarining atrof-muhitga ta'siri ko'rib chigilgan.*

**Tayanch iboralar:** *suv ko'rsatkichlari, konlarni sug'orish, qatlam suvlari, neft va gaz qazib olish, mineral tuzlar, atrof-muhitning ifloslanishi, neft va gaz qazib olish korxonalari.*

*В статье приведен анализ обводнения залежи газонефтяного месторождения Айритан и показатели среднесуточных обводнений скважин месторождений Северного Таджикистана.*

*Рассмотрено влияние пластовой воды на окружающую среду при разработке газонефтяного месторождения Айритан.*

**Ключевые слова:** *водопроявления, обводнение залежи, пластовая вода, добыча нефти и газа, минеральные соли, загрязнение окружающей среды, нефтегазодобывающие предприятия.*

Пластовая вода нефтяных и газовых месторождений является одним из источников загрязнения окружающей среды. В большинстве случаев она накапливается осаждаясь из обводненных скважин нефти и газа [1].

Пластовые воды отличаются насыщенностью химическими элементами разного состава, в них растворены значительные объемы газообразных составляющих. Они могут стать источником загрязнения почв, грунтовых вод, воздушного бассейна пожаровзрывоопасными и токсичными веществами, а также приводят к потери углеводородов.

Месторождение Айритан расположено на южном борту западной части Ферганской межгорной впадины, в 9 км к югу от Канибадама. Абсолютные отметки поверхности месторождения 700-800 м.

В административном отношении месторождение находится на территории Исфаринского района Согдийской области Республики Таджикистан (рис. 1).

Оно приурочено к одноименной антиклинальной складке сильно вытянутой в широтном направлении. По кровле II пласта (изогипса минус 60 м) длина складки 8 км, ширина 1 км. Складка ассиметрична. Северное крыло более пологое, углы падения крыла 18-20°, южное более крутое - 25°.

К северу от складки расположены Раватское и Канибадамское поднятия, к югу – Кимское. Отделяется Раватским взбросом и синклинальным прогибом, а от южных складок также нарушением взброса-надвигового типа.

Восточная переклиная складки погружается под углами 1-2°, западная под углами 3-40°.

Нефть и газ месторождения приурочены к палеогеновым отложениям, в которых выявлено шесть промышленно нефте- и газосодержащих залежей. На месторождении пробурено более 30 поисковых,

разведочных и эксплуатационных скважин преимущественно на палеогеновые отложения.

В данной статье рассмотрен вопрос влияния пластовой воды на окружающую среду на газонефтяном месторождении Айритан.

Для этой цели использованы результаты обработки фактических эксплуатационных данных газонефтяного месторождения Айритан.

В настоящее время многие нефтяные и газовые месторождения Согдийской области, такие как Айритан, Канибадам, Северный Канибадам и Рават находятся на завершающей стадии разработки и характеризуются интенсивным обводнением продуктивных пластов. Обводнение этих месторождений является одной из самых серьезных проблем добычи углеводородов и носит прогрессирующий характер.

Газонефтяное, многопластовое месторождение Айритан было открыто структурно-поисковой скважиной №16 в 1967 г. и в том же году введено в эксплуатацию.

Нефть месторождения содержит масла – 80,1-83,7%, силикагелевые смолы – 14,7-16,9%, парафина 5,9-7,1%, асфальтенов – 1,4-2,9%, серы – 0,37-0,7%. Сероводород в газах месторождения отсутствует (рис. 2).

На рис. 3 приведены показатели среднесуточной обводненности месторождений Северного Таджикистана в процентах.

Анализ показателей разработки месторождений Северного Таджикистана выявил, что самая высокая среднесуточная обводненность (94,5%), наблюдается на месторождение Айритан.

Анализ обводненности фонда скважин по месторождению Айритан показывает, что большинство из них работают с обводненностью более 90% (14 скважин), а по скважине № 8, этот показатель достигает 97% (рис. 4).

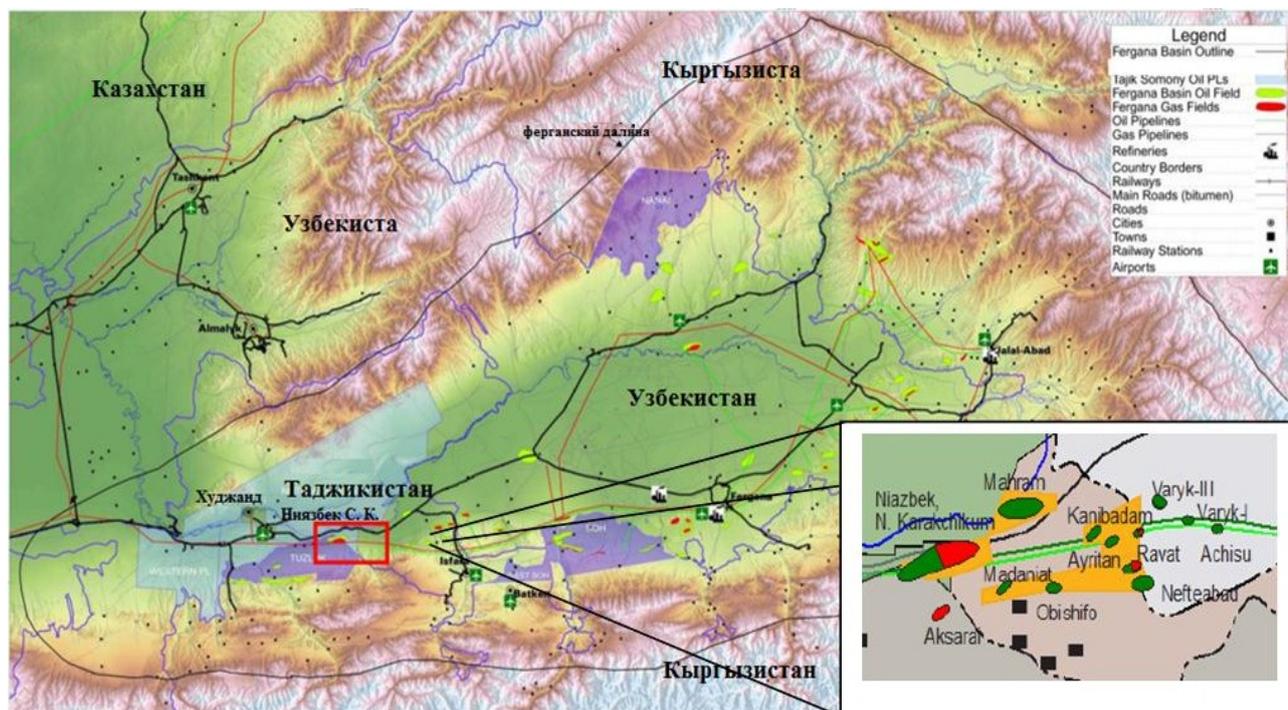


Рис. 1. Ферганская впадина

В процессе добычи, из обводняющихся нефтяных и газовых скважин выносятся газожиждкостные смеси, в составе которых присутствуют конденсационные воды. При этом состав конденсационных вод (минерализованная конденсационная вода) зависит от пластовых условий.

Для оценки химического состава пластовых вод, в обязательном порядке необходимо определение присутствия ионов шести следующих элементов  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , а также плотность и водородный показатель воды (pH) [2]. Состав пластовых вод зависит от геологического возраста и химических свойств, входящих пород, а также нефти и газа. Исходя из этого, химический состав пластовых вод отдельных месторождений характеризуются значительными различиями.

В связи с тем, что при добыче нефти и газа с месторождений, иногда допускаются разливы нефти и газового конденсата, а в большинстве случаев уделяется недостаточное внимание на сброс подтоварной (пластовой) воды в окружающую среду, были проведены анализы состава пластовых вод наиболее обводненных скважин месторождения Айритан.

В табл. 1 приведен сравнительный анализ фактических лабораторных результатов содержания ионов пластовой воды скважины № 8 месторождения Айритан со значениями нормативных показателей уровня выбросов в атмосферу, сбросов и отходов для разработки нефтегазовых месторождений на суше.

Анализ показывает, что содержание некоторых элементов (сухой остаток, хлориды, нитрат аммония, нитрат натрия, тяжелые металлы и другие) намного превышают нормативные.

Учитывая тот факт, что пластовые воды содержат сложную смесь неорганических и органических веществ, а во многих случаях остатки химических добавок (например, ингибиторов, окалин коррозии и другие вещества), которые вводились в скважину в процессе добычи углеводородов, одним из ключевых факторов загрязнения подземных питьевых вод и окружающей среды является наличие в них пластовой воды.

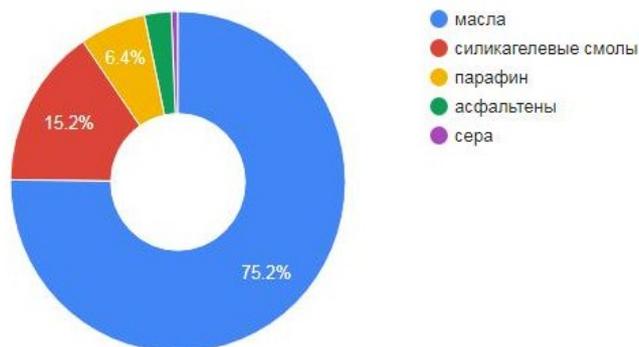


Рис. 2. Химический состав нефти Айританского месторождения

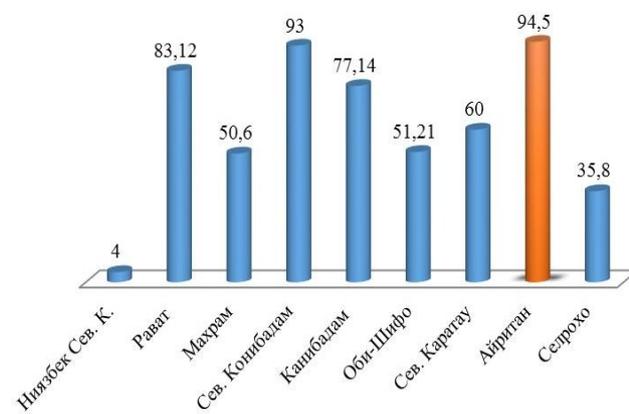


Рис. 3. Показатели среднесуточной обводнённости скважин месторождений Северного Таджикистана в процентах

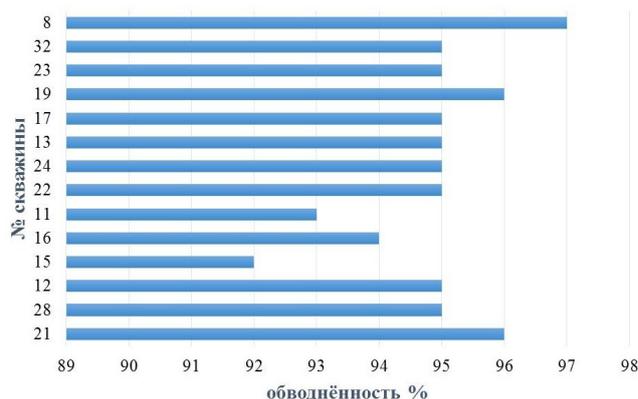


Рис. 4. Показатели обводнённости скважин месторождения Айритан

В связи с этим, нефтегазодобывающим предприятиям необходимо принять все меры по недопущению разлива нефти и газового конденсата в окружающую среду. А сброс пластовой воды в поверхностные воды или на грунт, следует рассматривать в каче-

Таблица 1  
Сравнительные результаты расчетов по содержанию ионов скважины № 8 месторождения Айритан

№	Для сброса в поверхностные воды или на грунт:	Значение норматива	Фактические значения
1.	общее содержание углеводов, мг/л	10	34,05
2.	прозрачность по шрифту, см	20÷25	4
3.	неорганических веществ, мг/л	0,75	544
4.	сухой остаток, мг/л	1000	73420
5.	хлориды (в среднем), (максимум) мг/л	600, 1200	2745,4
6.	нитрат аммония, мг/л	0,39	4,4
7.	нитрат натрия, мг/л	0,02	0,11
8.	БПК, мг/л	25	–
9.	ХПК, мг/л	125	–
10.	тяжелые металлы (всего) а, мг/л	0,05	0,16

стве последнего варианта и только при отсутствии всех других возможностей. При сбросе пластовой воды, её необходимо очищать так, чтобы она соответствовала нормам, приведённым в табл. 1 [3].

#### Библиографический список:

1. Мальгина С.П. Влияние подтоварной воды на функциональные особенности растений // Вестник ОГУ. – № 6 (155) 2013 г. – С. 103-105.
2. Азизов Р.О., Мирбобоев Ш.Ж., Разыков З.А. Определение загрязнения подземных вод при разработке газовых и газоконденсатных месторождений Афгано-Таджикского бассейна // Известия АН РТ. – № 4 (178) 2020 г. – С. 104-109.
3. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда. Разработка нефтегазовых месторождений на суше по ОСЗТ. 30 апреля 2007 г. – 36 с.

#### “GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 1(88) pp. 114-116 FORMATION WATER OF OIL-GAS FIELD AS A FACTOR OF ENVIRONMENTAL IMPACT (IN THE EXAMPLE OF THE AYRITAN FIELD)

**Razykov Z.A.**, Professor of the Department, Doctor of Technical Sciences, Academician of the International Engineering Academy.  
**Mirboboiev Sh.Zh.**, Senior Lecturer, Candidate of Technical Sciences.  
**Khodzhibaev D.D.**, Head of the Ecology Department, Candidate of Technical sciences.

#### Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan.

The article presents an analysis of reservoir watering in the Ayritan gas oil-gas field and indicators of average daily watering of wells in the fields of Northern Tajikistan.

The impact of formation water on the environment during the development of Ayritan oil-gas field is considered.

**Keywords:** water occurrence, reservoir watering, formation water, oil and gas production, mineral salts, environmental pollution, oil and gas production enterprises.

#### Bibliographic list:

1. Malgina S.P. Influence of commercial water on the functional characteristics of plants // Bulletin of the OSU. – No. 6 (155) 2013, pp. 103-105.
2. Azizov R.O., Mirboboiev Sh.Zh., Razykov Z.A. Determination of groundwater pollution during the development of gas and gas condensate fields in the Afghan-Tajik basin // Izvestiya AN RT. – No. 4 (178) 2020, pp. 104-109.
3. Guidelines for the protection of the environment, health and labor. Development of onshore oil and gas fields under EHS. April 30, 2007. – 36 p.

## РАБОТА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19

COVID-19 pandemiyasi sharoitida Rossiya oliy o'quv yurtlari talabalarining xavfsiz ta'lim olishi uchun zamonaviy huquqiy bazaning batafsil tahlili keltirilgan. Ta'kidlanishicha, masofaviy ta'limni tashkil etish va tartibga solishga oid birinchi idoraviy normativ-huquqiy hujjatlar talabalar uchun masofaviy ta'limning yagona tizimini yaratish va tegishli usullarni o'zlashtirish istiqboliga, shuningdek, o'quvchilarning mustaqillik darajasini oshirishga qaratilgan edi. Ushbu sohadagi universitetlar Rossiyaning aksariyat universitetlari uchun birinchi mahalliy normativ-huquqiy hujjatlar 2019-2020 o'quv yilining bahorida, Moskva, Sankt-Peterburg va Rossiyaning ayrim viloyatlaridagi universitetlar uchun esa 2020-2021 yil kuz-qishida ishlab chiqilgan va qabul qilingan. O'quv yili yoki aralash (gibrid) ta'lim formati uchun – Rossiyaning aksariyat mintaqalaridagi universitetlar uchun (2020-2021 o'quv yilining kuz-qishida). Ushbu va boshqa mahalliy me'yoriy hujjatlarda universitetlar rahbariyati e'lon qilingan blokirovkalar davrida, shuningdek, pandemiyaning yanada rivojlanishi davrida talabalarni xavfsiz o'qitish jarayoni va texnologiyalarini universitetlarga tashrif buyurishning aniq shartlaridan professor-o'qituvchilarning masofaviy ta'lim va masofaviy ish sharoitlariga batafsil bayon qildi.

**Tayanch iboralar:** Rossiya, oliy o'quv yurtlari, talabalar, epidemiya, blokirovka, mahalliy qoidalar, masofaviy ta'lim va mehnatni ta'minlash, epidemiologik xavfsizlik.

*Представлен детальный анализ современной базы нормативно-правового обеспечения безопасного обучения студентов российских ВУЗов в условиях пандемии COVID-19. Отмечено, что первые ведомственные нормативно-правовые акты по организации и регулированию дистанционного образования были направлены на перспективу создания единой системы дистанционного обучения студентов и принятия соответствующих методик, а также получения ВУЗами большей степени самостоятельности в этой области. Для большинства российских университетов первые локальные нормативно-правовые акты были разработаны и приняты весной 2019-2020 учебного года, а для ВУЗов Москвы, Санкт-Петербурга и некоторых российских регионов – осенью-зимой 2020-2021 учебного года или для формата смешанного (гибридного) обучения – для ВУЗов большинства регионов России (осенью-зимой 2020-2021 учебного года). В этих и других локальных нормативных документах руководством ВУЗов были детально регламентированы процесс и технологии безопасного обучения студентов на период объявленных локдаунов, а также в период дальнейшего развития пандемии: от конкретных условий посещения ВУЗов до условий дистанционного обучения и удаленной работы ППС.*

**Ключевые слова:** Россия, высшие учебные заведения, студенты, эпидемия, локдаун, локальные нормативные акты, обеспечение дистанционного обучения и работы, эпидемиологическая безопасность.



**Воробьев А.Е.,**  
профессор ФГБОУ ВО Грозненский  
государственный нефтяной университет  
им. академика М.Д. Миллионщикова,  
д.т.н.

Различные институты высшей школы (университеты, академии и институты) подготавливая кадры для национальных экономик неизбежно учитывают при обучении студентов все возникающие, достаточно выраженные изменения, происходящие в социуме и окружающей среде [6, 8-10]. При этом если в целом вся предыдущая нормативно-правовая деятельность по регламентированию дистанционного образования во-многом носила узколокальный характер, служа интересам лишь отдельных групп людей (прежде всего – инвалидов, пожилых, многодетных и т.д.) и существенно ограничивала возможность подготовки в заочно-дистанционном формате медиков и горных инженеров, то в настоящее время она регулирует практически все имеющиеся специальности обучения студентов и начала затрагивать большинство населения мира. Это было обусловлено тем, что в начале XXI века основным драйвером дальнейшего развития дистанционного обучения стала развивающаяся пандемия COVID-19 [7], определившая целый ряд принципиально новых требований, в первую очередь – по достижению эпидемиологической безопасности в сложившихся новых условиях, к работе существующих университетов.

Так, с 30 марта 2020 г. более 166 стран мира закрыли свои образовательные организации, переведя около 1520 млн. обучающихся (87% от общего количества студентов) и 60 млн преподавателей на дистанционный (удаленный) формат учебы и работы (рис. 1).

Такая же ситуация возникла и в России, где в соответствии с приказами высших государственных органов власти РФ, в марте

2020 г., с целью обеспечения мер против распространения коронавирусной инфекции COVID-19, все высшие учебные заведения в срочном порядке были вынуждены перейти на безопасный дистанционный формат работы и обучения студентов [14]: для большинства российских университетов – это состоялось весной 2019-2020 учебного года, для ВУЗов Москвы, Санкт-Петербурга и некоторых регионов – осенью-зимой 2020-2021 учебного года или для формата смешанного (гибридного) обучения – для ВУЗов большинства регионов России (осенью-зимой 2020-2021 учебного года), в том числе ВУЗы с горным профилем обучения.

Такой перевод образовательного процесса в ВУЗах на дистанционные технологии был предназначен для уменьшения риска инфекционного заражения студентов и преподавателей, при их перемещении от мест проживания к местам обучения и работы, а также при проведении занятий в режиме офлайн в вузовских аудиториях и лабораториях.

В результате основным режимом работы для преподавателей и получения знаний студентами стал удаленный, что обеспечивает должную их эпидемиологическую безопасность.

В целях дальнейшего усовершенствования имеющихся правовых норм по дистанционной работе и должного урегулирования трудовых отношений в период временной дистанционной (удаленной) занятости 25 ноября 2020 г. Государственная Дума РФ рассмотрела и приняла во втором чтении Федеральный закон «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации в

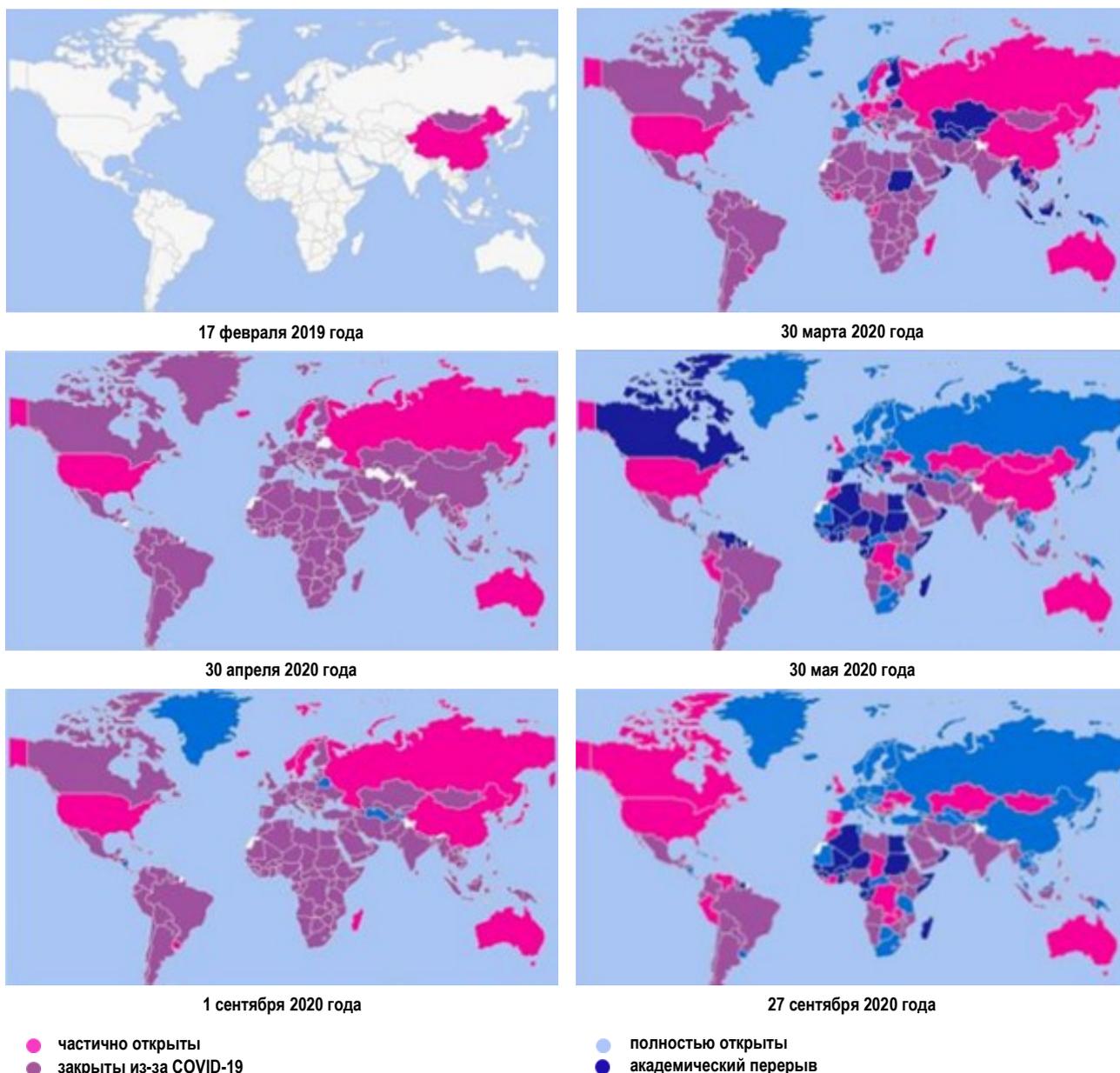


Рис. 1. Глобальный мониторинг работы учебных заведений в мире [19]

части регулирования дистанционной и удаленной работы». Целью этих принятых изменений в действующее законодательство являлось повышение эпидемиологической безопасности учебы и труда, путем придания большей гибкости в занятости трудящихся и более широкого и эффективного применения в трудовых отношениях информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [1].

Необходимо отметить, что Министерство образования и науки РФ также весьма своевременно среагировало на возникшую в стране и мире, довольно сложную, эпидемиологическую ситуацию, выпустив ряд ведомственных нормативно-правовых актов, а также оказав действенную методическую помощь российским ВУЗам (прежде всего, в публикации необходимых руководств и инструкций по организации безопасного онлайн-обучения студентов и работы ППС ВУЗов в условиях пандемии).

Среди таких ведомственных нормативно-правовых документов целесообразно выделить:

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 397 от 14 марта 2020 г. «Об организации образовательной деятельности в организациях, реализующих образовательные программы высшего образования и соответствующие дополнительные профессиональные программы, в условиях предупреждения распространения новой коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации».

– Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 8 мая 2020 г. № 648 «О деятельности подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации организаций в условиях предупреждения распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на территории РФ», в соответствии с которым был продлен период удаленной работы ППС и обучения студентов, что касалось и горной подготовки студентов.

– Экспертные разъяснения по вопросам, возникающим в связи с использованием онлайн-курсов в целях предупреждения распространения коронавирусной инфекции Минобрнауки России: Часть 1 (от 18.03.20 г.) и Часть 2 (от 20.03.20 г.).

На основе имеющихся государственных и ведомственных нормативно-правовых актов, регламентирующих работу ВУЗов в период пандемии, уже в апреле 2020 г. в большинстве (75%) российских ВУЗов были приняты свои соответствующие локальные нормативные акты (приказы и распоряжения), регламентирующие все имеющиеся особенности безопасного дистанционного обучения студентов и удаленной работы профессорско-преподавательского состава (ППС).

В частности, вводился контроль температуры на входе и установка средств дезинфекции в зданиях ВУЗов, а также обязательность ношения медицинских масок. Так, в РУДН между сменами осуществляется обязательная санитарная обработка аудиторий и других помещений, а все студенты, заселяемые в общежития, обязательно должны предоставить 3-дневную справку об отсутствии COVID-19, либо пройти 2-х недельную изоляцию в специальном медицинском блоке.

Весьма важной составляющей перехода обучения студентов ВУЗов на эпидемиологически безопасные дистанционные технологии являлось их обеспечение соответствующими условиями – техникой и технологиями (рис. 2), а также обладание «цифровой» компетентностью ППС, которые обязательно должны регламентироваться локальными нормативными университетскими актами (приказами или распоряжениями).

Так, в отношении такого важного аспекта безопасного дистанционного обучения, как должное развитие коммуникаций в период действия пандемии COVID-19, то первоначально многие ППС ВУЗов для коммуникаций со студентами использовали такие цифровые системы и платформы, как WhatsApp и Viber или социальные сети ВКонтакте и Facebook, а также Skype, Google Hangouts, Zoom, Cisco Webex Meetings, Get Course, Discord и видеохостинг YouTube [15]. Однако, последующая практика показала, что не все эти цифровые ресурсы эффективны для ведения учебного процесса (табл. 1).

Кроме этого, обращает на себя особое внимание набирающая всё большую популярность в ВУЗах технология BYOD (Bring Your Own Device), обеспечивающая возможность использования личных мобильных устройств в рабочем процессе [3].

В результате получилось так, что весьма популярными электронными ресурсами дистанционного обучения студентов в российских ВУЗах оказались несколько общепринятых (внешних) цифровых (электронных) образовательных платформ и систем.

В частности, в Северном государственном медицинском университете в условиях коронавирусной эпидемии была внедрена в учебный процесс и широко используется удаленная работа со студентами на основе цифровой платформы Moodle. Эта платформа обладает довольно широкими возможностями как для выполнения полученных заданий студентами, так и для онлайн проведения лекций и семинарских занятий [4]. В частности, в этой цифровой платформе предусмотрена специальная функция Big Blue Button, позволяющая проводить лекционные и семинарские занятия с довольно большим количеством студентов одновременно. Кроме того, в ней имеется возможность проведения презентаций, а также де-



Рис. 2. Производительность каналов подключения к сети интернет, доля вузов [3]

монстрации с внешних ресурсов различных видеоматериалов, общения преподавателя со студентами через видео- и аудиосвязь, а также через чат и т.д.

Главное преимущество Moodle (как цифровой интерактивной обучающей платформы) заключается в том, что она обеспечивает преподавателям университета широкую возможность легко создавать и вести дистанционные курсы, обмениваясь при необходимости со студентами различными файлами. К тому же к Moodle можно подключиться с любого электронного устройства (гаджета), в котором предусмотрен выход в Интернет [11]. При этом каждый участник такого дистанционного образовательного процесса может создавать собственный профиль (с сохранением всех необходимых данных о курсе и своих достижениях). Обучающая платформа Moodle предусматривает и работу (чтение лекций) в потоке, одновременно для нескольких групп, с получением обязательной обратной связи. Преподаватели могут разрабатывать в цифровой платформе Moodle не только необходимые методические и другие материалы для контроля усвоения студентами предоставленных знаний, но и свою собственную систему их оценивания, сохраняя полученные результаты и наглядно видя время, проведенное в этой платформе на занятиях со студентами каждым из них. Кроме того, эта цифровая платформа использует более ясные и доступные для понимания студентов методики обучения.

В Чувашском государственном педагогическом университете им. И.Я. Яковлева используются такие обучающие цифровые платформы и системы, как Moodle 21, Zoom, Битрикс 24, BigBlueButton и др. (рис. 3).

Однако нарабатанный к настоящему времени опыт дистанционной работы со студентами показал, что, например, бесплатный вариант цифровой платформы Zoom имеет целый ряд системных недостатков [2]: ограниченность времени конференции, отсутствие контроля входа для посторонних участников, визуализация материала и т.п., и для её более качественной работы необходим платный

Таблица 1

Популярные платформы для вебинаров и конференций [13]

Skype	Google Hangouts	Zoom	Cisco Webex Meetings	Get Course	Discord	YouTube
Пионер массовой бытовой видеосвязи	Используется для групповых видеозвонков	Стандарт для проведения небольших вебинаров и дискуссий	Сервис конференций и вебинаров корпоративного уровня	Инструмент для проведения обучающих мероприятий онлайн и заработка на таких курсах	Изначально Discord создавался для компьютерных игр.	Ориентация на трансляцию видеопотока без взаимодействия со спикером

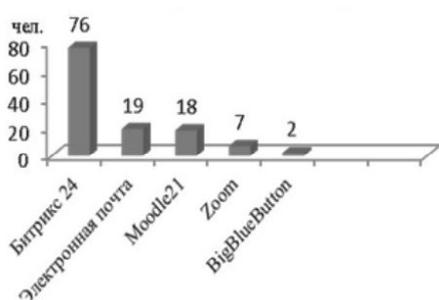


Рис. 3. Оценка использования ППС информационных систем для организации учебной работы со студентами в дистанционном режиме [1]

доступ, т.е. дополнительные затраты (в том числе – на обучение работе с этим цифровым ресурсом).

В результате, наиболее эффективной цифровой (электронной) системой для самопроверки оказалась обучающая система Битрикс 24 (рис. 4).

Кроме того, в ВУЗовской среде довольно широко используются обучающая цифровая платформа «Открытое образование» (НПОО) и система «Coursea» [12]. В частности, на основе использования НПОО обеспечиваются следующие курсы дисциплин: математика, физика, русский язык, иностранные языки, экономика, информатика, инженерная компьютерная графика, философия, история, культурология и социология, правоведение, экология, безопасность жизнедеятельности, физическая культура и спорт.

В Тюменском государственном университете локальными актами было принято такое административное решение, согласно которому все курсы студентов проходят обучение по следующему плану: синхронные семинары — в Zoom, а асинхронные форматы (лекции и задания) — в Canvas.

В Балтийском федеральном университете имени Канта, в качестве основной цифровой платформы обучения студентов в период пандемии COVID-19 используется университетская Moodle LMS, обладающая возможностью обратной связи со студентами.

В Тольяттинском государственном университете необходимые учебные материалы были размещены в системе онлайн-обучения «Росдистант» [12]. При этом доступ в личный кабинет осуществляется только под логином и паролем от Образовательного портала ТГУ. Сдача государственного экзамена и защита выпускной квалификационной работы студентов в этом ВУЗе также обеспечены с помощью цифровой образовательной системы «Росдистант».

В последующем, для перевода своей практической деятельности (и прежде всего – обучения студентов) в унифицированный

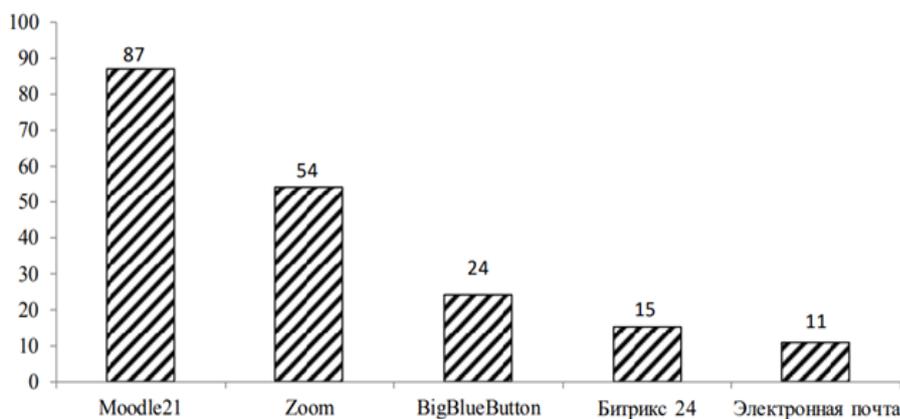


Рис. 4. Сравнение эффективности электронных систем для самоконтроля научно-педагогической деятельности в период дистанционной работы [1]

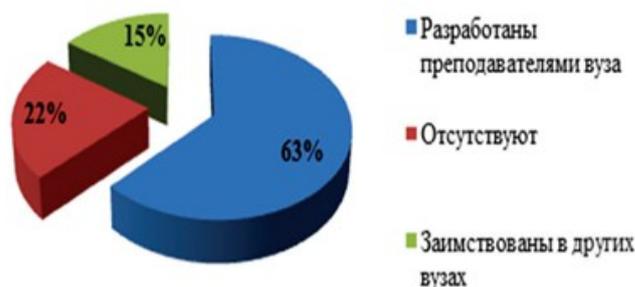


Рис. 5. Обеспеченность учебных дисциплин электронными учебно-методическими материалами в РСОУ на начало пандемии [17]

формат онлайн-обучения многие ВУЗы стали использовать свои собственные цифровые наработки (рис. 5), в том числе и ВУЗы имеющие своей основной целью подготовку студентов горной направленности и специализации.

Так, по данным Минобрнауки РФ, к 2020 г. более 88% российских ВУЗов уже были оснащены собственными LMS-платформами, которые позволяли осуществлять образовательный процесс в режимах как онлайн, так и офлайн (хотя только лишь 45% из них использовались в организации обучения студентов). Эти ВУЗы также фактически уже имели отработанные технологии электронного взаимодействия с участниками образовательного процесса, а у преподавателей был определенный электронный контент, и определенные наработки для ведения учебных занятий и коммуникаций со студентами [2].

Например, флагман российской высшей школы Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова использует собственную цифровую учебно-образовательную платформу «Университет без границ», а также цифровые платформы teach-in. Цифровая платформа «Университет без границ» позволяет ППС МГУ размещать на ней свои собственные разработанные учебные материалы (книги, статьи, презентации, различные необходимые документы и т.д.), а также самостоятельные задания для студентов (например, обучающихся по геологическому профилю и специализации), необходимые тесты и проводить обучающие онлайн вебинары (OpenMeeting). При этом преподаватели, посредством видеоконференций, имеют широкую возможность напрямую общаться со своими студентами и на основе электронного журнала контролировать их эффективное обучение [12]. Цифровые платформы teach-in содержат свыше 300 уникальных обучающих курсов с 6 тыс. видеолекций от ведущих преподавателей МГУ и открыты для всех желающих.

В период пандемии COVID-19 вся дистанционная образовательная работа Томского государственного университета (ТГУ) осуществляется в Электронном университете — Learning Management System (LMS) [11], где было размещено свыше 5 тыс. образовательных курсов, необходимых студентам этого университета для эффективного обучения.

При этом в ТГУ, как и во многих университетах России и мира, для обучения студентов используется Moodle (Modular object-oriented dynamic learning environment) — Модульная объектно-ориентированная динамическая (виртуальная) обучающая среда.

Единой «точкой входа» в онлайн обучение для студентов и ППС Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

стал оперативно созданный единый учебный портал [edu.gubkin.ru](http://edu.gubkin.ru). Эта цифровая платформа объединила все имеющиеся учебно-методические задачи ВУЗа [15]: размещения актуального учебного контента, проведения различных контрольных мероприятий (от текущей до государственной итоговой аттестации), а также стала средством коммуникации преподавателей со своими студентами. Данный портал включил в себя электронную обучающую среду Moodle, которая была апробирована в течение нескольких лет на ряде кафедр РГУНГ и довольно хорошо себя зарекомендовала. Она имеет массу возможностей как размещения любых материалов, так и форм контроля, аналитики и коммуникаций. При этом в РГУНГ не ставят никаких запретов на использование кафедрами и отдельными ППС иных средств коммуникации со студентами. Так, преподаватели имеют полное право работать со студентами в любых облачных сервисах (Zoom, Microsoft Teams, BigBlueButton и т.д.).

В других странах этот аспект безопасного дистанционного образования студентов регулировался по-разному. Например, в Китае во время пандемии COVID-19 были запущены 2-е национальные образовательные онлайн-платформы: Xuetang ([www.xuetangx.com](http://www.xuetangx.com)) и iCourseInternational ([www.icourse163.com](http://www.icourse163.com)), на которых прошли обучение 163 млн человек [5].

Кроме технического обеспечения в условиях пандемии от преподавателей требуется [3]:

- готовность к регулярному и систематическому обновлению содержания преподаваемых образовательных программ;
- использование стратегий активного обучения, ориентированных на практическую деятельность студентов (наравне с овладением фундаментальными знаниями), позволяющих оптимизировать количество пассивных форматов взаимодействия, ориентированных на «начитывание» учебного материала;
- готовность к активному вовлечению студентов в интерактивную деятельность в ходе онлайн-занятий, а также управление их вниманием;
- способность организовывать регулярную обратную связь со студентами (как в ходе проведения онлайн-занятий, так и в ходе всего курса дисциплин);
- способность применять современные методики онлайн-оценки для проведения промежуточной и итоговой аттестации.

Во многих российских ВУЗах эти актуальные проблемы решились довольно быстро и достаточно эффективно [18], например, путем использования «цифровых волонтеров» (РЭУ им. Г.В. Плеханова, НИУ ВШЭ) или «цифровых кибер-волонтеров» (Дальневосточный федеральный университет), «цифровых консультантов» (Финансовый университет), а также на основе «цифрового тьюторства» (Санкт-Петербургский политехнический университет, МГПУ).

Ещё один важный аспект дистанционного образования, требующий разработки и использования локальных нормативных актов, представляет собой государственная итоговая аттестация студентов. Согласно Федеральному закону №273-ФЗ от 29.12.2012 г. «Об образовании в Российской Федерации» государственная итоговая аттестация (ГИА) студентов представляет собой особую форму количественной оценки степени и уровня освоения ими образовательной программы. Весной 2020 г. (из-за пандемии COVID-19) в российской высшей школе было принято официальное ведомственное решение проводить ГИА только в безопасном дистанционном формате. Это административное решение потребовало определённого пересмотра существовавших ранее ведомственных нормативно-правовых регламентирующих документов. Поэтому Министерство науки и высшего образования Российской Федерации выпустило приказ № 490 от 27 марта 2020 г. «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства образования и науки Российской Федерации, касающиеся проведения государственной итоговой

аттестации по образовательным программам высшего образования», который практически полностью регламентирует данный аспект.

На основе этого документа, российские ВУЗы уже самостоятельно, в соответствии с реальной ситуацией, посредством своих внутренних локальных нормативных актов, детально регламентировали процесс проведения ГИА и сами выбирали цифровые платформы и инструменты для обеспечения дистанционной работы, с помощью которых в безопасном режиме проводились ГИА [16].

Например, в ВятГУ главной особенностью проведения дистанционных защит выпускных квалификационных работ студентами кафедры «Промышленной безопасности и инженерных систем» факультета «Строительства и архитектуры» Политехнического института стало использование технологий онлайн-прокторинга [12]. Для чего, специальный сотрудник университета – проктор, перед каждой защитой студентов с помощью веб-камеры проверял помещение, в котором находился защищающийся студент, на предмет наличия посторонних лиц и каких-либо шаргалок или других вспомогательных материалов, а в ходе самой защиты – наблюдал за действиями студента, что повышало степень объективности защиты. Такой подход объясняется все ещё не высокой «academic integrity» – академической честностью российских студентов.

Большинство российских ВУЗов, в дополнение к ведомственным и локальным нормативно-правовым актам, подготовили и разместили на соответствующих страницах своих сайтов необходимые методические рекомендации и различные инструкции для помощи студентам и преподавателям в их переходе на безопасный дистанционный формат обучения и работы, где (в том числе) приводятся перечни онлайн-курсов для свободного (бесплатного) использования студентами при освоении ими необходимых образовательных программ, а также в постоянном режиме размещается другая периодически разрабатываемая важная оперативная информация [12]. Тем самым руководство ВУЗов оказывают реальную помощь студентам, преподавателям и сотрудникам, давая ответы на вопросы: как правильнее организовать эффективное обучение студентов в новых условиях, где и как освоить необходимые онлайн-курсы, как использовать цифровые (электронные) технологии для лучшей организации текущего учебного процесса и т.д.

Например, на сайте ТГУ существуют специальные разделы для преподавателей и студентов, которые содержат необходимые рекомендации по эффективному использованию конкретных цифровых платформ и специальных инструментов для работы в безопасном онлайн-режиме (удаленной работы), а также детальные советы по осуществлению перехода на дистанционную форму обучения и удаленной работы. Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого также на своём сайте представил подробное описание основных механизмов (должные мероприятия, необходимые документы, количественная оценка итогов, способы и технологии решения наиболее часто возникающих проблем и т.д.) перехода на безопасное дистанционное обучение студентов. В РГУНГ им. Губкина были оперативно разработаны инструкции и видеокурсы для преподавателей и студентов по использованию платформы [edu.gubkin.ru](http://edu.gubkin.ru) (такие, как «Создаём типовой курс вместе! Пошаговое руководство», «Как дома сделать запись презентации с голосовым сопровождением, используя стандартный Power Point», «Элемент Задание. Инструкция для студентов и преподавателей», «Проведение онлайн-занятия с видеосвязью BigBlueButton», «Видеоинструкция по прохождению теста студентами» и ряд других) [15]. Одновременно с переводом учебного процесса на эпидемиологически безопасную дистанционную форму обучения ВУЗы были вынуждены экстренно искать возможные варианты и для организации внеучебной работы со своими студентами, практически полностью меняя алгоритмы прежних, ранее сложившихся коммуникаций, которые также регламентировались

локальными актами. Но и этот важный аспект деятельности ВУЗов был также успешно разрешён, при чем в совершенно разных направлениях и формах: от хорового пения до проведения шахматных турниров в видеоформате.

Объективная оценка осуществленного реформирования российской системы высшего профессионального образования была дана 21 мая 2020 г. на совещании, происходившем под председательством Президента России В.В. Путина в режиме телеконференции. В ходе него руководители многих ведущих ВУЗов страны обсуждали переходный период и делились наработанными «кейсами» возглавляемых ими коллективов.

К этому времени важным итоговым документом стал аналитический доклад «Уроки “стресс-теста”: вузы в условиях пандемии и после неё» (июнь, 2020), подготовленный рабочей группой ректоров ведущих российских университетов по поручению Минобрнауки РФ.

В заключении необходимо отметить, что такой подход к организации обучения студентов, обеспечивая высокую эффективность передачи знаний и получения необходимых компетенций, обуславливает повышенную эпидемиологическую безопасность его участников (за счет меньшего числа контактов) в условиях протекания пандемии.

#### Библиографический список:

1. Александрова Г.А., Васильева Л.Г., Филиппова И.В., Фоминых С.О. К вопросу организационно-методической деятельности преподавателей вуза при дистанционной работе // Казанский педагогический журнал. – № 6. 2020. – С. 29-37.
2. Алешковский И.А., Гаспаршвили А.Т., Кружалева О.В., Нарбут Н.П., Савина Н.Е. Студенты России об обучении в период пандемии COVID-19: ресурсы, возможности и оценка учебы в удаленном режиме // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. – № 2. – М.: РУДН, 2021. – С. 211-224.
3. Аналитический доклад: Высшее образование: уроки пандемии. Оперативные и стратегические меры по развитию системы // <https://www.tsu.ru>.
4. Баранова И.М., Евтюхов К.Н., Пугин В.Б., Шлапакова С.Н. Проблемы дистанционного обучения в высшей школе в современных условиях // Глобальный научный потенциал. – № 2. 2021. – С. 73-76.
5. Волченкова К.Н. Анализ отношения преподавателей российского вуза к вынужденному дистанту // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – № 4. 2020. – С. 88-97.
6. Воробьев А.Е., Ваккер О.В., Забусов В.В., Гулан Е.А. Высшее профессиональное образование в XXI веке // Под ред. член-корр. РАН Опарина В.Н. – Норильск: НИИ, 2010. – 289 с.
7. Воробьев А.Е., Сулейманов А.М. Условия возникновения и прекращения эпидемий. – Грозный: Спектр, 2020. – 84 с.
8. Воробьев А.Е., Таймасханов Х.Э., Мадаева М.З. Основные тенденции развития высшей технической школы в XXI веке. – Грозный: Грозненский рабочий, 2011. – 496 с.
9. Воробьев А.Е., Торобеков Б.Т. Модернизация российского высшего инженерного образования в ответ на вызовы современности. – М.: КноРус, 2014. – 230 с.
10. Воробьев А.Е., Щесняк К.Е., Щесняк Л.Е. Smart-университет. – М.: РУДН, 2019. – 282 с.
11. Из периода пандемии можно и нужно брать максимум // Университетская книга. – № 4. – М.: ИД Университетская книга, 2020. – С. 15-21.
12. Кейсы быстрых реакций вузов в период пандемии // [https://ioe.hse.ru/sao\\_universitycases](https://ioe.hse.ru/sao_universitycases).
13. Киракосян М.Ж. Современные тенденции организации учебной деятельности студентов с использованием дистанционных технологий в вузе // Вопросы педагогики. – М.: "Институт стратегических исследований", – № 7-2, 2020. – С. 64-71.
14. Лобова С.В. Удаленный режим работы преподавателей российских вузов в условиях пандемии COVID-19: основания и восприятие // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. – № 7. 2020. – С. 208-213.
15. Мартынов В.Г., Кошелев В.Н., Душин А.В. Современный вызов для нефтегазового образования // Высшее образование в России 2020. Т. 29. № 12. – С. 9-20. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-12-9-20>
16. Симакина М.А., Крылова Е.Б., Тарасова Г.В. Проблемы проведения государственной итоговой аттестации в условиях пандемии COVID-19 // Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Управление цифровой трансформацией общего и профессионального образования». Павлово, 2021. – С. 189-195.
17. Шабанов Г.А. Пять уроков пандемии // Высшее образование сегодня. – № 7. 2020. – С. 11-17.
18. Штыкно Д.А., Константинова Л.В., Гагиев Н.Н. Переход вузов в дистанционный режим в период пандемии: проблемы и возможные риски // Открытое образование – № 5. 2020. – С. 72-81.
19. COVID-19 Impact on Education [Электронный ресурс] – URL: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>.

## BORN BY FRIENDSHIP OF THE PEOPLE

*Ushbu maqolada Sovet Ittifoqining yetakchi mutaxassislarining Leninobod kon-kimyoviy kombinatini (Vostokredmet) yaratish va rivojlantirishdagi roli ko'rib chiqilgan.*

*Maqolaning asosiy ahamiyati shundan iboratki, aynan Chkalovsk shahri Sovet Ittifoqi atom sanoatining to'ng'ichi bo'lgan. Muallif ishonchli materiallar asosida xalqlar do'stligining buyuk kuchi tufayli Chkalovsk shahri tubdan o'zgarganini ko'rsatgan. Yangi ijtimoiy-madaniy va tibbiy muassasalar paydo bo'lganligi tasdiqlangan.*

**Tayanch iboralar:** xalqlar do'stligi, kon-kimyo zavodi, yadro bombasi, xom ashyo, front askarlari, birinchi quruvchilar, konlar, atom sanoati.

*В статье рассматривается роль ведущих специалистов Советского Союза в создании и развитии Ленинобадского горно-химического комбината (Востокредмет).*

*Основная актуальность статьи заключается в том, что именно город Чкаловск был первенцем атомной промышленности Советского Союза. Автор, на основе достоверных материалов показывает, что благодаря великой силе дружбы народов, город Чкаловск кардинально преобразился. Появляются новые социально-культурные и медицинские учреждения.*

**Ключевые слова:** дружба народов, горно-химический комбинат, ядерная бомба, сырьё, фронтовики, первостроители, месторождения, атомная промышленность, шахты.



**Rakhimova Sh.K.,**  
Chief social and humanitarian department  
mining and metallurgical  
Institute of Tajikistan

Chkalovsk city was founded in 1946 as a settlement at the Leninabad Mining and Chemical combinat (Sotsgorod 6). A special pride of the townspeople is that the raw material for the first atomic bomb and the first nuclear power plant was produced here. This is the uniqueness city, which cannot but raise interest in its past.

During Soviet times, Chkalovsk, as an object of strategic importance, was a closed city having an address as Leninabad-30.

Speaking about the city, it is impossible not to remember the people whose names should be infinitely dear to the heart of every citizen. They are the first Director of the plant №6, Hero of the Socialist Labor B.N. Chirkov and Head of the Mining and Chemical combinat for more than 30 years, Hero of the Socialist Labor, legendary V.I. Oplanchuk.

In the mid-forties of XX century, in extremely difficult conditions, with the hands of soldiers, barely taking off their overcoats after the war, was laid the first stone of the construction of the city that created its unique production. People of that generation did not separate their fate from the fate of the country and did sometimes impossible in the name of strengthening country's military power and defense capabilities. We really want that the people who live in the city of Chkalovsk today to remember the names of the first builders, be proud of their achievements and continue so dearly traditions of the city and its primary production.

During the second world war, a small group of geologists of Tajikistan continued geological studies to identify mineral deposits. They conducted prospecting of already known types of minerals: petroleum and coal, non-ferrous and rare metals, chemical raw materials and building materials. In these years, the mining operations continued at the oldest Central Asian oilfield KIM (SANTO), Shurab coal Deposit, and mining for antimonite from the insufficiently studied antimony Marguzor-Maryans fields. The pride of Tajikistan became Chorukh-Dayron Deposit, regularly supplying much needed scheelite concentrate for the needs of defense plants, where scheelite was manually mined.

During the years of the war, it was found that the deposits on the areas of Karamazar were not only poly-metallic, but also contained the uranium deposits. These deposits served as a basis for the beginning of the creation of the famous plant No. 6, of the Ministry of non-ferrous metallurgy of the USSR for the extraction, enrichment and processing of uranium ores in 1943 [1]

The first act initiating the creation of a resource base of uranium in our country, was the Decree of the State Committee of Defence (GKO) on 27 November 1942 on the organisation of the extraction of uranium ore from the only known deposits of Central Asia at that time.

The execution of these works was entrusted to the Ministry of non-ferrous metallurgy of the USSR. However, two years later on December 8, 1944 GKO issued a Decree No. 7102? the organization of the works was transferred to the people's Commissariat for internal Affairs of USSR (NKVD). Ninth management unit was specifically organised within its structure to manage these works. At the recommendation of the NKVD, on May 15, 1945 GKO by a Decree organised the Mining and Chemical Combinat No. 6 for the extraction and processing of uranium ores on the basis of deposits of Central Asia. It was the first domestic plant for the extraction of nuclear raw materials, and its organization was the beginning of emergence of the primary sector of nuclear industry in the country [1].

On March 7, 1945, on the proposal of A. P. Zavenyagin Colonel of the NKVD Boris Chirkov was appointed as the first Director of the Plant No. 6. He worked on the construction of Zhezkazgan copper-smelting plant in Kazakhstan in 1940-1942, and at the end of 1942 while serving as a Director of the Tyrgyz tungsten-molybdenum plant in Kabardino-Balkaria, was responsible for the evacuation of personnel and strategic raw material through Caucasus ridges. As noted in his memoirs B.N. Chirkov, during the reception for the appointment, Stalin, pointing to the crucial importance of the task of mining natural uranium for the creation of an atomic bomb, said: "the Americans expect us to have an atomic bomb in 10-15 years and they will build their strategy on this expectation.

They have a few of these bombs at the moment, but when they equip their air force with atomic bombs they will want to dictate their terms to us. This will take five years. We should have atomic bombs in this timeframe. Tov. Kurchatov assured the Politburo that this timeframe was feasible if we had uranium. For scientists, engineers and to You, comrade Chirkov, the task of pressure and responsibility is equal to the effort in wartime. You will be given any assistance and will be granted great powers. Your combine will be fully supported" [2].

A.B. Granovskii was appointed as the chief engineer of the Plant No. 6, and later S.F. Vlasov, A.A. Popov, and Shapiro were appointed to this role. The role of the construction workers was very important and the role of the head of construction was filled by Director B. Chirkov until 1950.

The construction of the plant was carried out by prisoners, German prisoners of war and Soviet citizens, who during the war were taken to Germany, and on return were sent to camps as traitors, and deported special settlers of USSR (Germans, Crimean Tatars, Chechens, Kalmyks, Koreans, etc.). Their number reached 12 thousand

people. The Central Laboratory was organized immediately, F.A. Burdakov was appointed as the head of this laboratory in August 1945 [3].

Motorcade №1 was organized in 1945 to provide transportation, which marked the beginning of the depot No. 1. This section of the road transport (SRT) was formerly called the transport office of the transport Department of the combinat №6, as it was named as LGHC in the late 40's. With the sharp increase in uranium ore production and delivery of equipment to the newly establishing plants, four motorcades were formed in the depot from 1946. After a year, there was a need for the construction of a centralized maintenance workshop and a large depot. Many following projects in the industry organised such large depots, and many veterans are proud of these achievements and so are their followers.

In the early post-war years, our veterans of labour transported ore off-road from Taboshar village, cities of Namangan and Adrasman on trucks, whose design and comfort were inferior to modern trucks. The Urals were formulations of mining equipment, forest of Siberia, the fuel from Azerbaijan, construction, industrial and consumer goods from Russia.

In the spring of 1946, they received an echelon with the American "Studebakers". It is hard to imagine today, but in those years the plant was receiving around 60 cars per month. By the end of 1947, just the number of ZIS-5 and GAZ autos in the fleet were 1500 units.

The first leaders, veterans of the motor transport depot who worked in those glorious years were Donskiy, A.P. Yurchevskiy, V.F. Bulanovich, M.V. Nedelin, S.A. Goryachev, A.A. Grigoryants, R.G. Sharipov and I.I. Mamilov [4].

They built boarded sheds and sheds, camps, medical stations, etc.

A socialist town near Leninabad and a socialist town in Taboshar were built according to the designs of the architects O.E. Khiter and Grigoriev and Zeinab Amirkhanova. For a long period the construction team was directed by Y. Sandler.

All the water pipelines and other related projects were carried out according to the designs of the All-Union "Vodokanalproekt", whose representatives were constantly on site and did a great job especially by comrades M.A. Kazansky, F. Alifanov and Velichkin.

When the construction of the first-priority facilities was nearing completion, the first designs for the main structures, in particular, plants No 1, 3 and 4, heating plants and housing were in the process of being prepared.

The builders worked under great difficulties and worked well. The pace of work mostly met the requirements of the operators and the quality was good with a few minor exceptions.

The pace and the quality are also very well characterized by the construction of the so-called "Steam Turbine" (1st stage of CHPP "L") and Plant No. 4.

These projects started in April 1946 and "Steam Turbine" project finished with all its auxiliary facilities by September 1, 1946, and plant No. 4 by November 7 in the same year [5].

On May, 1st, 1949. at meeting devoted to international day of working people the obligation to put over the Palace of culture by December, 21st, 1949 was accepted. However, a design of a technical college was finished before the design of the Papace of Culture. But the design was also rejected by the authorities.

As it is known, such a technical college was constructed later. It really met all the requirements of the educational process and everyday life of the students. On September 14, 1949 classes began at the Central Asian Polytechnic School on the following fields: underground mining of ore and non-metallic deposits; mining electro-mechanics; analytical chemistry; and classes were held in 2 shifts in dormitory No. 1, because the building was constructed two years later.

In December 1949, the Palace of Culture was commissioned, and on that day in the fresh paint-smelling Palace of Culture a ceremonial meeting was organised to mark the seventieth anniversary of Stalin's birth and on the New Year's Eve of 1950 a Youth Ball was held there.

It was very significant for the town, which later became famous throughout the country for a high level of education of the younger generation, medical, consumer and commercial services. A special spiritual culture and moral atmosphere was being formed here, and a considerable intellectual capacity was being developed [5].

As the history of medicine is inseparable from the history of the Combinat, this was also the time when medical care for workers, employees and their families began to be organised. At the initial stage, the combinat's medical service was represented by medical units at each mine, predominantly in the mining faces. The medics were part of the staff of the mine administrations. Their work consisted of providing emergency care for injuries, infectious and other diseases.

In 1947 by the USSR Council of Ministers Decree, a Medical and Sanitary Department was established, which initially was subordinate to the Combinat's Director Boris Chirkov, then in August 1947 was transferred under the supervision of A.I. Burnazyan, the Head of the 3rd Main Directorate of the USSR Ministry of Health.

In September 1947, the Medical and Sanitary Department was given number 16 and became a legal entity, which headed the organization of medical and preventive treatment, sanitary and anti-epidemic and pharmacy services of the Combinat.

The first chief of the Medical and Sanitary Department (March 1947) was Konstantin Konstantinovich Shuklin, a graduate of the Leningrad Military Medical Academy, holder of military medals.

Both production workers and medics had to start everything from scratch. Everything that was undertaken was for the first time. The difficulty consisted in the massive influx of miners, construction workers and other specialists, but there was no elementary base for health care. It was not just the lack of qualified doctors and nurses, but the sheer lack of doctors and nurses.

Injuries at the mines were not uncommon, people were sick, women gave birth to babies, and on top of that the local population living in the area had access to a little or no medical care.

All of this difficult burden fell on the shoulders of young graduates of medical colleges, technical colleges and universities (1945-1950). The medics were working in difficult conditions in huts, barracks, tents with soil flooring and primitive heating. The medical units were based in the mountains and deserts. The lack of roads, scattered facilities, unsettled working and living conditions created additional difficulties. However, their youth, enthusiasm and high sense of duty made it possible to accomplish what was sometimes considered impossible. It was the young specialists who were not afraid of working in the mines, mining faces and workshops, who gave all their energy and knowledge to keeping people healthy, who fulfilled the special task of the Party and the Government.

Next to the technical college there was a huge empty area, through which the flash flood canal passed. It was decided to create a park in this area. At the time, everyone was obsessed with the idea of turning all cities into flowering gardens. It was a good idea, but the ground on the empty area where the trees and flowers were going to be planted was so rocky and looked so lifeless that many doubted its success, and but the doubts were in vain.

Near the College was a huge vacant lot, through which passed the village outlet channel. It was decided to create a Park. Then everyone was obsessed with the idea to turn all cities into blossoming gardens. The idea was good, but the land the wasteland where going to plant trees and flowers, was so rocky and looked so lifeless that the success is doubted by many, and in vain [6].

It was either the time or the people were so enthusiastic, but all the people of the town worked on the creation of the park. Stones were dug out and transported in wheelbarrows and by hand, soil was brought by horses and trucks. Everything was sieved with the palms of their hands, holes were made for the saplings, water was brought by irrigation ditches, and if the water was insufficient, it was brought by water trucks. The

saplings were even brought from neighbouring republics, of course, not only for the park, but also for landscaping the entire city.

In the first years, acacias, mulberries and elm trees were planted as heat-resistant trees. Not all trees were successful and were replanted and water for irrigation was often brought by water trucks. The canal was later used to lay heating pipes, and today two "dry" bridges from that canal remain. The park was of fabulous beauty and it still gives the inhabitants a pleasant feeling today [5].

The changes that took place in the country after Stalin's death touched the life of the Socialist Town.

In 1953, a commission was formed to check personal records and rehabilitation, and many prisoners were released and rehabilitated. In 1956-1957, political charges were dropped against the repressed peoples, and their statehood was restored.

The entire prison camp system in the country was reformed. Many of the ex-prisoners did not leave after their release, but stayed on in the city they had started to build. For some, there was simply nowhere else to go, for others it was simply a matter of looking for work, making friends, and having prospects for development.

Either it was all about skilful management, who managed to establish a competent system of incentives, or people, tired of war and lack of

comfort, believed in a bright future, but most likely, it all combined, but the construction was carried out at a high pace, with high quality, and our city grew better every day [6].

The name Chkalovsk came later. Under the decree of the Presidium of the Supreme Council of the Tajik SSR (Stalinabad, No. 122 of August 10th 1956) the social town of the Leninabad Region was transformed into a town of regional subordination and renamed Chkalovsk [7].

By this time, apart from the Palace of Culture and the Polytechnic College, there were schools, shops, a cafeteria, a medical camp, a military camp, a bakery, kindergartens, a stadium and a commercial facility.

Thus, history shows that the town of Chkalovsk (now Buston) is the brainchild of the great friendship of nations. It is the pioneer of the nuclear industry in the Soviet Union.

The current generation of Chkalovsk citizens, continuing the baton of the older generation, is making a significant contribution to the transformation of sovereign Tajikistan. President Emomali Rakhmon proudly notes: "Tajikistan is the homeland of all peoples living here. This is particularly evident in the city of Chkalovsk. It is the work of people of different nationalities that created the largest industrial enterprise in our country."

#### Bibliographic list:

1. Ibrohim A. the History of exploration in Tajikistan / Ibrahim A., Shoeva T.V. Mining magazine, 2012. – No.2 // [www.os.x-pdf.ru/.../442813-1](http://www.os.x-pdf.ru/.../442813-1).
2. Resource base of the nuclear industry. Events, people, achievements. Nesterov Yu.V., Petrukhin N.P. – Moscow, 2015. – 288 p. <http://friends-chk.narod.ru/history/index2.html>.
3. Pioneers the secret of the atom. 50 th anniversary of first nuclear industry of the USSR mining and processing uranium in Tajikistan, 1945-1995. – Chkalovsk, 1995. – 70 p.
4. Leninabad Pravda, 17 September 2005. – 8 p.
5. The city of our youth, dedicated to the 10 th anniversary of Independence of the Republic of Tajikistan and the 45 th anniversary of Chkalovsk city. – Chkalovsk, 2001. – 120 p.
6. Natalia Yurenkova. <https://www.proza.ru>, Certificate of publication No. 216062200023.
7. Shapovalov A.F., Zinov'eva M.M. 50 years 1945-1995 health was the firstborn of the nuclear industry of the USSR in Tajikistan, the Leninabad mining and chemical combine. – Chkalovsk, 1995. – 38 p.

**HT-425/3000**

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК**



**NMZ**  
ЕДИНОЕ ЖЕЛЕЗО И МЕДИОЛ

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)

## Лаборатория обработки керна

приём, резка, документирование,  
подготовка проб для анализа,  
складирование



## Аналитическая лаборатория

анализ геологических, технологических  
проб, включая отделения  
пробоподготовки и пробирной плавки



## Технологическая лаборатория

исследования физико-механических  
свойств руд, процессов дробления,  
измельчения, классификации,  
гравитации, флотации, магнитной  
сепарации, цианирования и др.



**Телефоны/ WhatsApp для оперативной связи:**

США +1 603 275 2000 ☎ СНГ +7 926 224 02 04 ☎ Узбекистан +998 91 162 1404

## МОДУЛЬНЫЕ ФАБРИКИ «SEPRO»



Оптимальная  
конфигурация  
Стабильные  
показатели  
Высокая  
Надёжность



Телефоны/ WhatsApp  
для оперативной связи:  
Узб. +998 91 162 1404  
США +1 603 275 2000  
СНГ +7 926 224 02 04



Инжиниринг  
Проектирование  
Изготовление  
Поставка  
Шеф-монтаж  
Запуск



## Explorac 235

«Буровая установка Explorac 235 справляется со всеми трудностями в процессе осуществления геологического исследования методом обратной циркуляции. Разработанный специально для бурения на глубину до 300-400 метров»