

O'zbekiston

ISSN 2181-7383

KONCHILIK XABARNOMASI

1

№ 92

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRARISH JURNALI

Yanvar - Mart 2023

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРНЫЙ ВЕСТНИК

УЗБЕКИСТАНА

ГОРНЫЙ ВЕСТНИК Узбекистана №1 (92) Январь - Март 2023

O'zbekiston KONCHILIK XABARNOMASI



normet

ЭКСПЕРТЫ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ
В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

Multimec MF 100

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



C100 КАССЕТА-МАСТЕРСКАЯ

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

Кассета-мастерская включает в себя:

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

**СООБЩИТЕ НАМ СВОИ
ПОТРЕБНОСТИ!**

Normet International Ltd.

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



O'zbekiston KONCHILIK XABARNOMASI

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRARISH JURNALI

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

Ta'asischilar:

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

Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:

«Navoiy KMK» AJ, «Olmaliq KMK» AJ, «O'zGEORANGMETLITI» MChJ

Bosh muharrir:

U.Z. Sharafutdinov

Bosh muharrir o'rinbosari:

Sh.Sh. Alikulov

Texnik va badiiy muharrir:

F.Yu. Zairova

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

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 24.03.2023 y. imzolandi

A3 formatda. Adadi 100 nusxa

© O'zbekiston konchilik xabarnomasi 2023

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

Учредители:

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

При финансовой поддержке:

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

Главный редактор:

Шарафутдинов У.З.

Зам. главного редактора:

Аликулов Ш.Ш.

Технический и художественный редактор:

Зайрова Ф.Ю.

Состав редколлегии по разделам: *геотехнология* – Ракишев Б.Р. (Казахстан), Шашенко А.Н. (Украина), Зайров Ш.Ш. (Узбекистан), Мислибоев И.Т. (Узбекистан), Носиров У.Ф. (Узбекистан), Раимжанов Б.Р. (Узбекистан), Umarov F.Ya. (Узбекистан); *геология* – Белин В.А. (Россия), Акбаров Х.А. (Узбекистан), Snitka N.P. (Узбекистан), Turesebekov A.X. (Узбекистан); *обогащение и металлургия* – Дементьев В.Е. (Россия), Abdurahmonov S.A. (Узбекистан), Sanaqulov K. (Узбекистан), Ergashev U.A. (Узбекистан), Yoqubov M.M. (Узбекистан); *научно-лабораторные изыскания* – Мишина О.В. (Германия), Mustaqimov O.M. (Узбекистан), Muxiddinov B.F. (Узбекистан), Nurmurodov T.I. (Узбекистан), Sagdiyeva M.G. (Узбекистан), Xamidov X.I. (Узбекистан); *электроэнергетика* – Табакман И.Б. (Канада), Mahmudov A.M. (Узбекистан); *экология* – Воробьев А.Г. (Россия), Gulyamov B.V. (Узбекистан), Raziqov Z.A. (Таджикистан), Raxmatov A.B. (Узбекистан); *экономика* – Воробьев А.Е. (Россия)

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:

Зайрова 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 24.03.2023 г.

Формат А3. Тираж 100 экз.

© Горный вестник Узбекистана 2023

ISSN 2181-7383



4 780010 201760 >

MUNDARIJA / ОГЛАВЛЕНИЕ

GEOTEKNOLOGIYA / GEOTEKNOLOGIYA

- Ильясов Б.Т., Солюянов Н.О., Садинов Ш.М., Содиков И.Ю. Оптимизация бортов карьера Бесапантау на основе 3К-моделирования в программном комплексе DIGGER SLOPE..... 4
- Санакулов К., Аликулов Ш.Ш., Ибрагимов Р.Р., Халимов И.У. Исследования технологии отработки из ранее отработанных некондиционных месторождений урана..... 13
- Заиров Ш.Ш., Нутфуллоев Г.С., Кобилев Ш.Б. Исследование образования врубловых полостей при ведении буровзрывных работ в подземных выработках и разработка «эффективной забойки» взрывом дополнительного укороченного шпурового заряда..... 21

GEOLOGIYA / ГЕОЛОГИЯ

- Ишбаев Х.Д., Курбанов А.А., Утамурадов Э.А., Ким М.А. Дайки оливиновых лампрофиров в гранитоидах Зирабулакского интрузива: состав и природа (Южный Тянь-Шань)..... 26
- Разиков О.Т., Шарипов Ш.Ф., Нуртаев Б.Х. Структурный анализ гор Кульджуктау на базе дешифрирования космических снимков..... 32
- Axmedov Sh.Sh., Mirzayev A.U., Madatov T.A., Nazarov U.X. Pachkamar maydonidagi paleogen davr yotqizqlarini geologiyasi va foydali qazilmalari..... 37

- Орипов С.Г., Петров С.Ю., Исокова Н.И. Новые данные о вещественном составе руд фосфоритового месторождения Джерой-Сардара (Центральные Кызылкумы)..... 42

BOYITISH VA METALLURGIYA / БОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

- Эргашев У.А., Санакулов У.К. Попутное извлечение железа при бактериальном окислении золотосодержащих сульфидов..... 46
- Рахимов Х.Ш., Эшов Б.Б., Бадалов А.Б., Разыков З.А. Эффективная технология переработки сульфидно-сурьмяного концентрата хлорирующим обжигом..... 49
- Санакулов К., Эргашев У.А., Ахатов Н.А., Ашуров О.Т. Снижение концентрации взвешенных частиц, уносимых оборотной водой процесса противоточной декантации биокека..... 52
- Курбанов М.А., Рузиев Б.Т., Икрамов Д.З., Нурмухамедова Н.Э. К вопросу извлечения ванадия из упорных черносланцевых руд..... 57
- Рахманов У.Ж., Расулов И.Б., Турабоев Ш.Р., Эшмурадов Н.С., Перспективы применения хромомолибденовой стали взамен стали 110Г13Л для деталей рудоразмольных оборудований..... 60

ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

- Раджапов С.А., Нурбоев К.М., Муллагалиева Ф.Г., Раджапов Б.С. Разработка полупроводниковых детекторов для радиометров альфа излучения и исследование объёмной активности радона в различных средах..... 63
- Рахманов И.Ю., Абдурахмонов С.А., Шакаров Т.И. Результаты исследований физико-химических свойств медных песчаных руд месторождения «Мабатаг»..... 67
- Воробьев А.Е., Кожоголова Г.К. Возможности и условия формирования наночастиц в горной массе..... 71

- Kulmuratov N.R. Turg'un bo'lmagan portlash to'liqinini elastik muhitdagi silindrik inshootga yuklanishi..... 77

- Rajabboyev I.M., Eshonova G.A., Sharafutdinov U.Z. Uranni qayta ishlash jarayonlarida kremniy ionlari ta'sirini tadqiq qilish..... 81

- Аликулов Ш.Ш., Заиров Ш.Ш., Ибрагимов Р.Р. Лабораторные и промышленные исследования повышения проницаемости пласта урана путём воздействия электрического тока при подземном выщелачивании..... 84

- Исмоилов Д.К., Гайбуллаев Х.К., Мустакимов О.М., Содиков И.Ю. Краткий обзор возможности увеличения использования жидкой фазы пульпы в оборотном водоснабжении перерабатывающими предприятиями АО «НГМК»..... 89

- Бердиев Д.М., Абдуллаев А.Х., Камилова Г.М. Совершенствование технологии термоциклической обработки для повышения износостойкости зубчатых колёс..... 94

- Эгамбердиев И.П., Очилов У.Ю., Мамадияров А.Ж., Хамроев Н.Н. Моделирование динамики процесса фрезерования во временной области..... 97

ELEKTROENERGETIKA / ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- Qarshibayev A.I., Narzullayev B.Sh. Elektr motorlarning texnik holatini diagnostika qilishning mavjud usullarini tahlil qilish hamda ularni rivojlantirish istiqbollari..... 101

- Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B., Havo elektr uzatish liniyalarning klassifikatsiyalari bo'yicha tizimli tahlil o'tkazish..... 105

- Maxmudov M.I., Qo'ziyev Z.E., Jabborov A.A. Oqova suvlarni biologik tozalashda aeratsiya jarayonining parametrlarini boshqarish orqali energiya tejankorlikka erishish..... 108

EKOLOGIYA / ЭКОЛОГИЯ

- Мамадов И.А. Влияние температурной инверсии на уровень загрязнения атмосферного воздуха..... 112

TABRIKLAR / ПОЗДРАВЛЕНИЯ

- Поздравляем с Государственной премией!..... 116
- Эргашев Улугбек Абдурасулович – 60 лет..... 117

YANGI NASHRLAR / НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

- Изданная литература специалистов АО «НГМК»..... 118

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 and Technology University, Uzbek Research and Design Institute of Geotechnology and Non-Ferrous Metallurgy LLC «UZGEORANGMETLIT!».

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

Editorial Board: 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 and Technology University, Uzbekistan), Nurmurodov T.I. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Muhiddinov B.F. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Misliboev I.T. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Makhmudov A.M. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Mustakimov O.M. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Nosirov U.F. (Almalyk branch the National University of Science and Technology (MISIS), Uzbekistan), Raimzhanov B.R. (State Unitary Enterprise "Uzbek Scientific Research and Design and Survey Institute of Geology and Nonferrous Metallurgy "Uzgeorgantmetil", 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), Umarov F.Ya. (Almalyk branch the National University of Science and Technology (MISIS), Hamidov X.I. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Ergashev U.A. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Yakubov M.M. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan).

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

At a reprint of materials reference to the journal is required.

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

Editorial address: 210100, Navoi, st. Navoi 27, Innovation center JSC «NMMC»

Tel.: +99879 227-81-59

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

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

Indexing: Ulrich's Periodicals Directory

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

Tel.: +99879 227-75-56

CONTENTS

GEOTECHNOLOGY

- Sanakulov K., Alikulov Sh.Sh., Ibragimov R.R., Khalimov I.U. Research on mining technology from previously worked out substandard uranium deposits..... 13
- Zairov Sh.Sh., Nutfulloev G.S., Kobilov Sh.B. Investigation of the formation of cavities during drilling and blasting operations in underground excavations and the development of an «effective backfill» with an additional shortened borehole charge..... 21

GEOLOGY

- Ishbaev Kh.D., Kurbanov A.A., Utamuradov E.A., Kim M.A. Olivine lamprophyre dikes in granitoids of the Zirabulak intrusion: composition and nature (Southern Tian Shan)..... 26

ENRICHMENT AND METALLURGY

- Ergashev U.A., Sanakulov U.K. Co-extraction of iron from bacterial oxidation of gold-bearing sulphides..... 46
- Rakhimov Kh. Sh., Eshov B. B., Badalov A. B., Razykov Z.A. Efficient technology for processing sulphide-antimony concentrate by chlorination roasting..... 49
- Sanakulov K., Ergashev U.A., Akhatov N.A., Ashurov O.T. Reducing the amount of concentration of suspended particles carried away by the circulating water of the countercurrent decanting of the biocake process..... 52
- Kurbanov M.A., Ruziev B.T., Ikramov D.Z., Nurmukhamadova N.E. On the question of extraction of vanadium from refractory black shale ores..... 57

ОПТИМИЗАЦИЯ БОРТОВ КАРЬЕРА БЕСАПАНТАУ НА ОСНОВЕ 3К-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DIGGER SLOPE



Ильясов Б.Т.,
заведующий лабораторией
устойчивости бортов карьеров
УФ АО «ВНИМИ»,
к.т.н.



Солуянов Н.О.,
главный геомеханик
ООО «Норникель Технические Сервисы»,
разработчик ПО Digger Slope,
член ISRM



Садинов Ш.М.,
главный маркшейдер
АО «НГМК»



Содиков И.Ю.,
инженер по ПГР
ИЦ по ВНТ АО «НГМК»

Maqolada 3K-modellashtirish asosida karyerning yon tomonlarini optimallashtirish algoritmi keltirilgan bo'lib, u quyidagi vazifalarni o'z ichiga oladi: to'siqlar va to'siqlar guruhlarini qiyalik barqarorligini har tomonlama kinematik tahlil va ehtimollik hisob-kitoblarini o'tkazish; ochiq kareyning tuzilgan kinematik xaritasi (3K-modellashtirish) asosida qirralar va to'siqlar guruhlarining optimal parametrlarini aniqlash; chellarning tavsiya etilgan parametrlarini hisobga olgan holda karyerning yakuniy loyiha konturini qurish; karyer yon tomonlari barqarorligini chegaraviy muvozanat usulida tekshirish hisob-kitoblarini amalga oshirish; ochiq kon devorlarining barqarorligini baholash uchun chekli elementlarni modellashtirish; ochiq konning yon tomonining ustki chetidan agdarmalar va omborlarni joylashtirish uchun optimal masofani hisoblash uchun agdarmalardan tushadigan yukni hisobga olgan holda, ochiq konning yon tomonlari barqarorligining qo'shimcha hisob-kitoblarini amalga oshirish.

Tayanch iboralar: ochiq karyer devorini optimallashtirish, ochiq konning kinematik xaritasi, 3K modellashtirish, deterministik va ehtimollik tahlili, barqarorlikni hisoblash, dastgoh konfiguratsiyasi, xavfsizlik bermasi, ochiq kon devorini tiklash.

В статье представлен алгоритм оптимизации бортов карьера на основе 3К-моделирования, который включает в себя выполнение следующих задач: проведение комплексного кинематического анализа и вероятностных расчетов устойчивости откосов уступов и групп уступов; определение оптимальных параметров уступов и групп уступов на основе построенной кинематической карты карьера (3К-моделирование); построение конечного проектного контура карьера с учетом рекомендуемых параметров уступов; проведение заверочных расчетов устойчивости бортов карьера методом предельного равновесия; моделирование методом конечных элементов с целью оценки устойчивости бортов карьера; проведение дополнительных расчетов устойчивости бортов карьера с учетом нагрузки от отвалов для расчета оптимального расстояния размещения отвалов и складов от верхней бровки борта карьера.

Ключевые слова: оптимизация бортов карьера, кинематическая карта карьера, 3К-моделирование, детерминированный и вероятностный анализ, расчёт устойчивости, конфигурация уступа, берма безопасности, укрупнение бортов карьера.

Обоснование и оценка устойчивости бортов карьера Бесапантау выполнены в соответствии с современными международными подходами к проектированию карьера. В соответствии с данными подходами обоснование и построение проектного контура для бортов, формируемых в скальных породах, производится в следующей последовательности: обоснование параметров устойчивых уступов (с учетом направлений трещин); обоснование параметров участков борта между съездами; отстройка проектного контура; оценка устойчивости бортов проектируемого карьера.

Распространенный в постсоветских странах подход предполагает первоначальную оценку устойчивого генерального угла борта карьера, исходя из которого подбираются параметры уступов.

В современной международной практике такой подход применяется только для слабых породных массивов, а для крепких и среднекрепких массивов большее внимание уделяется обоснованию параметров устойчивых уступов, из которых как из строительных блоков складывается генеральный борт. Для этого разработаны различные способы и инструменты анализа, одним из которых является кинематический анализ и вероятностные расчеты устойчивости откосов карьера.

Кинематический анализ. Кинематический анализ устойчивости откосов уступов карьера и расчёт ширины берм безопасности

производился в программном обеспечении Digger Slope (digger-apps.xyz). Главной особенностью и преимуществом данной программы, отличающими её от других программ, является возможность работы с несколькими структурными доменами и интервалами азимутов наклона бортов одновременно. Кроме того следует отметить выполнение расчетов несколькими методами, как детерминированными, так и вероятностными. Благодаря этому при обосновании параметров уступов обеспечивается перекрестный контроль результатов.

Для расчётов использовались исходные данные: структурно-геологическая модель месторождения; геомеханическое описание ориентированного зерна; картирование горных выработок; картирование траншей и выходов скалы на поверхность; результаты лабораторных испытаний образцов породы.

На основе данных о пространственном расположении основных систем трещин, известных тектонических разломов и геологических структур более мелкого порядка, в границах проектируемого карьера выделено 7 структурных доменов. Домены D4 и D4.1 характеризуют массив в теле тектонических разломов. Для каждого структурного домена выполнен анализ трещиноватости (структурный анализ) горного массива, в рамках которого выделены системы трещин, распространенные в границах каждого домена.

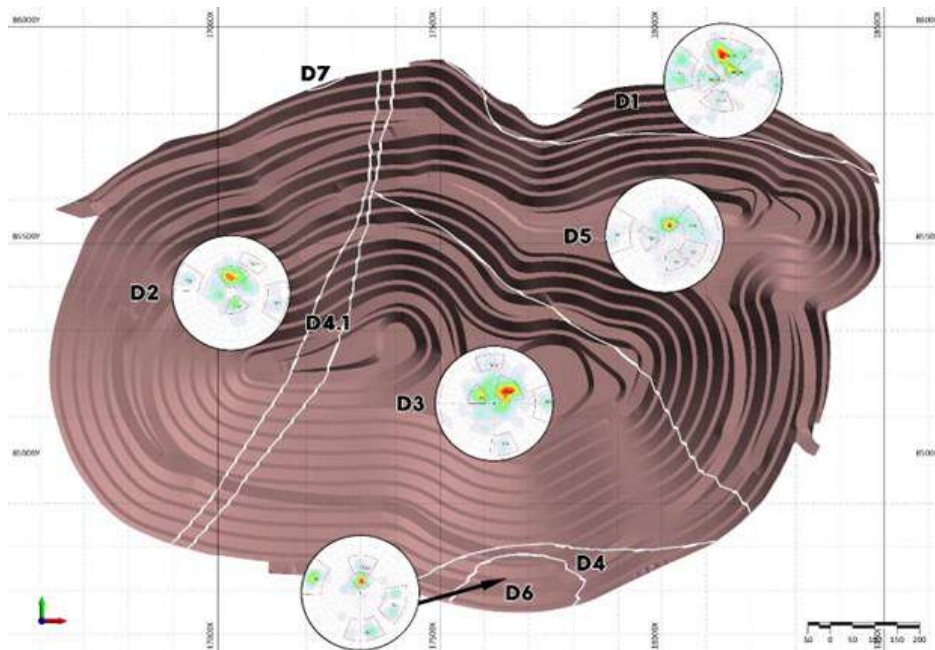


Рис. 1. Диаграммы трещиноватости

На рис. 1 приведены круговые диаграммы трещиноватости по каждому структурному домену в границах конечного проектного контура карьера. Для доменов D4 и D4.1 диаграммы не построены, так как по ним выполнение кинематического анализа не требуется.

С использованием данных диаграмм для каждой системы трещин определены средние азимуты и углы падения, а также разброс величин азимутов и углов падения. В табл. 1 представлены все эти характеристики, а также прочностные свойства, определяющие сопротивление сдвигу по поверхностям и ослабления массива. Прочностные свойства определены при сдвиговых лабораторных испытаниях по трещинам. Так как в пределах одного структурного домена может сильно изменяться азимут падения откосов уступов, одни и те же системы трещин будут по-разному влиять на устойчивость уступов. В качестве примера можно рассмотреть уступ, неустойчивый из-за падающей в направлении выемки (то есть в одном направлении с откосом) системы трещин. При развороте уступа на 180° в плане, система трещин будет падать в массив и не будет представлять опасности. Подобные условия можно заметить на рис. 1 для домена D2.

Для учёта этого эффекта структурные домены были разделены на субдомены, которые выделены как показано в табл. 2.

В табл. 3 представлены сведения об ориентации откосов уступов и свойствах пород по доменам и субдоменам.

Расчёт устойчивости откосов уступов карьера и ширины предохранительных берм производился в трёх вариантах:

- детерминированный подход с допустимым коэффициентом запаса устойчивости $FoS = 1,5$ [2];
- детерминированный подход с допустимым коэффициентом запаса устойчивости $FoS = 1,3$ [2] для нижней трети карьера в условиях проектирования доработки карьера;
- вероятностный подход с допустимой вероятностью обрушения $RoF = 25$ при коэффициенте запаса устойчивости не менее $FoS = 1,1$ [1]. При расчётах рассматривались все комбинации плоскостей систем трещин, образующие кинематически подвижные блоки горной породы, соответствующие основным типам обрушений: плоское (1 система трещин); плоское с трещиной отрыва (2 системы трещин); клиновидное (2 системы трещин); клиновидное с трещиной отрыва (3 системы трещин).

Таблица 1
Системы трещин по структурным доменам и их параметры

Домен	Система трещин	Крупный масштаб	Угол падения, °	Разброс	Азимут падения, °	Разброс	Сцепление, т/м ²	Угол внутреннего трения, °
D1	BD_DL	да	51	30	7	60	5,1	26
	JT1_DL		26	10	38	40	5,1	26
	JT2_DL		27	30	281	60	5,1	26
	JN3		76	30	282	50	5,1	26
	jt1_DL		37	30	198	50	5,1	26
D2	JN1		25	30	161	60	3,9	21
	BD	да	33	40	4	60	3,9	21
	JN2		77	30	287	30	3,9	21
	JN3		74	20	101	40	3,9	21
D3	JN1a		65	20	33	30	3,9	21
	BD	да	35	30	45	60	3,9	21
	JN1		69	20	167	30	3,9	21
	JN2		32	30	297	50	3,9	21
D5	JN3		83	20	87	40	3,9	21
	JN1a		70	30	355	30	3,9	21
	BD	да	22	30	21	60	3,9	21
	JN1		50	30	160	30	3,9	21
	CZ	да	56	30	121	40	3,9	21
D6	JN3		81	20	273	50	3,9	21
	JN2		29	30	264	60	3,9	21
	JN1a		51	30	65	60	3,9	21
	JN2		80	20	289	40	3,9	21
	BD	да	23	30	5	60	3,9	21
D6	JN3		60	30	109	50	3,9	21
	JN1		68	30	173	50	3,9	21
	JN1a		50	30	4	40	3,9	21

В программе Digger Slope процесс симуляции обрушений по всевозможным комбинациям плоскостей систем трещин с плоскостью откоса автоматизирован. Расчёт устойчивости откосов проводился в границах доменов (табл. 3) по сетке – с шагом по азимуту падения откосов 1° и углу падения 5°.

Таблица 2

Обозначения и расположение субдоменов		
Домен	Субдомен	Расположение
D2	D2_N	Северный и западный участки борта карьера в домене D2
	D2_S	Южный участок борта карьера в домене D2
D3	D3_N	Северный участок борта карьера в домене D3
	D3_S	Южный участок борта карьера в домене D3
D5	D5_U	Верхний северный участок борта карьера в домене D5
	D5_D	Нижний участок борта карьера в домене D5

Для каждого узла сетки (каждой экспозиции откоса уступа) определялись следующие расчетные результирующие показатели (рис. 2):

BFA – максимальный устойчивый угол откоса уступа, град;
 BW – минимальная ширина бермы безопасности, м;
 Vol/m – средний объём вывалов на метр простираения борта, м².

Далее, участки борта с одинаковой расчётной конфигурацией уступа (углом откоса BFA и шириной бермы BW) объединялись в сектора карьера:

Domain – структурный домен;

Subdom – субдомен борта карьера;

Sector – Сектор (участок борта карьера с одинаковым расчётным BFA);

F_{отм} – начальный азимут падения откоса уступа в секторе, град;

T_о – конечный азимут падения откоса уступа в секторе, град.

И рассчитывались углы откосов следующего масштабного уровня:

IRA – угол между съездами или геотехническими бермами, град.

Таблица 3

Ориентация откосов уступов и свойства пород по доменам

Структурный домен		Выборка азимута падения откоса уступа			Свойства породного массива					Свойства развала	
название	субдомен	наименьшее, °	наибольшее, °	шаг, °	объемный вес, т/м ³	размер блока, м	коэффициент размягчения	сцепление, МПа	угол внутреннего трения, °	коэффициент развала	угол ест. откоса, град
DOMAIN	SUBDOM	FROM	TO	STEP	G	BS	Ksof	COH	PHI	SF	AR
D1	D1	157	222	1	2,68	0,25	0,87	8,1	39	1,5	38
D2	D2_N	55	178	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38
	D2_S	6	54	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38
D3	D3_N	102	278	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38
	D3_S	285	93	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38
D5	D5_U	154	67	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38
	D5_D	171	339	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38
D6	D6	308	30	1	2,62	0,31	0,56	8,5	32	1,5	38

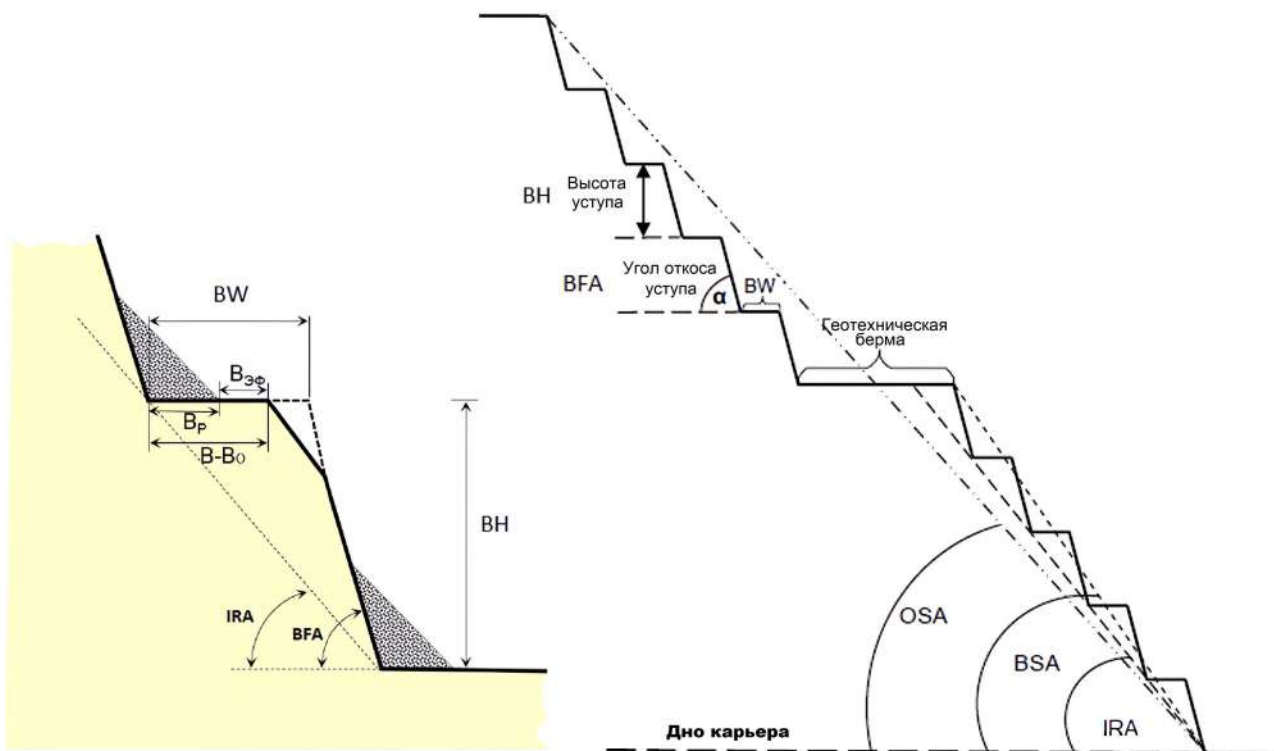


Рис. 2. Обозначения элементов конструкции борта карьера

BSA – угол откоса стека (для группы из трёх уступов общей высотой 90 м), град.

Высота уступов (Bench height) принималась равной $BH = 30$ м, проектная ширина бермы принималась равной $BW = 0,2 \cdot BH + 4,5 \approx 10$ м [2]. Обоснование минимальной ширины предохранительных берм (рис. 2) при детерминированном и вероятностном подходе производится по разным методикам. Ширина предохранительной бермы BW при детерминированном способе расчёта устойчивости уступов определяется исходя из следующего условия:

$$BW = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot BH + 4,5 \\ B_o + B_n \\ B_o + B_{об} \end{array} \right\}$$

где $BH = 30$ м – высота уступа;

B_o – ширина осыпи, м;

B_n – ширина бермы для задерживания падающих камней, м;

$B_{об} = 4,5$ м – минимальная ширина рабочей части бермы, достаточная для безопасного размещения и работы оборудования по очистке берм от осыпей. Величины B_o , B_n рассчитываются согласно работам [2, 3].

При вероятностной оценке устойчивости уступов ширина предохранительной бермы определяется по формуле:

$$BW = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot BH + 4,5 \\ B_o + B_p + B_{эф} \end{array} \right\}$$

где B_p – ширина развала горной массы после деформации уступа (рассчитывается в зависимости от вида обрушения согласно работам [4-7]), м;

$B_{эф}$ – эффективная ширина бермы (оставшаяся часть бермы после осыпи и развала), которая принимается: не менее 2 м для любых уступов карьера; 0 м для нижних уступов при доработке карьера при условии инструментального мониторинга в режиме реального времени со сплошной зоной покрытия рабочей зоны или при безлюдной выемке.

Реализованный в программе Digger Slope математический аппарат комплексного кинематического анализа устойчивости откосов позволяет выполнить построение Кинематической Карты Карьера (3К-моделирование), включающей в себя следующие результаты расчёта:

Рекомендованная конфигурация откоса: угол откоса; ширина бермы.

Оценка устойчивости откоса: коэффициент запаса устойчивости; вероятность обрушения; уровень риска.

Прогнозный объём обрушений. Кинематическая Карта Карьера (3К) представима в виде 3D-каркаса карьера или таблицы по секторам ориентации откосов, содержащих результаты расчёта.

Все результаты 3К-моделирования представлены на рисунках (рис. 3, 4). На рис. 4 в левом столбце представлен результат комбинированного расчёта при детерминированном подходе для основных секторов карьера, при котором нижняя треть карьера (до горизонта +435 м) рассчитывается с допустимым коэффициентом запаса $FoS = 1,3$ (как в случае проектирования доработки карьера [2]), а остальная часть – с коэффициентом $FoS = 1,5$ (как для стадии до начала и в течение эксплуатации или перевооружения рудника [2]). Минимальная ширина предохранительной бермы в этом случае составила 10 м.

На рис. 4 в правом столбце представлен результат расчёта при вероятностном подходе для основных секторов карьера с допустимой вероятностью обрушения $PoF = 25$ при коэффициенте запаса устойчивости не менее $FoS = 1,1$ [1].

Минимальная ширина предохранительной бермы в этом случае составила 10 м за исключением трех секторов, где она составляет 12 м (выделены синим цветом в табл. 5). Представление результатов 3К-моделирования показано на рис. 4, описано в табл. 4.

Основные сектора карьера (наиболее представительные экспозиции откосов по азимуту падения в доменах) и максимальные устойчивые углы откосов уступов карьера BFA представлены в табл. 5, сектора с увеличенной шириной бермы (12 м) по результатам вероятностного расчёта выделены синим цветом.

Построение проектного контура карьера. На основе рассчитанных с использованием кинематического анализа параметров уступов отстроен новый конечный проектный контур. Ширина и уклон съездов приняты такими же, что и в ранее принятом проек-

Таблица 4

Результаты 3К-моделирования

Результаты расчёта	Вид анализа	
	детерминированный	вероятностный
Рекомендованные значения угла откоса уступа	рис. 4а	рис. 4д
Разница значений рекомендованных и проектных углов откоса уступа	рис. 4б	рис. 4е
Минимальная ширина предохранительных берм	рис. 4в	рис. 4ж
Средний потенциальный объём обрушений на метр простирания борта	рис. 4г	рис. 4з

Таблица 5

Основные сектора карьера

Domain	Subdom	Участок борта	Sector	From	To	BFA		
						FoS = 1.5	FoS = 1.3	PoF = 25
D1	D1	Север	1	157	222	55	65	65
D2	D2_N	Запад	1	55	110	65	65	65
		Северо-Запад	2	111	141	45	50	60
		Север	3	143	177	60	65	65
D3	D3_S	Юг	1	6	54	45	45	50
		Север	1	102	251	65	65	65
D5	D5_U	Восток	2	252	311	45	50	55
		Юг	1	320	30	45	45	50
		Северо-Запад	1	154	161	50	50	60
D5	D5_D	Север	2	162	194	55	55	65
		Северо-Восток	3	196	213	65	65	65
		Восток	4	228	314	45	50	55
		Юг	5	315	14	65	65	65
		Север	1	171	194	55	55	60
D6	D6	Северо-Восток	2	196	213	65	65	65
		Восток	3	228	314	45	50	55
D6	D6	Юг	1	330	30	55	60	60

Domain	Subdom	Sector	From	To	Vol/m			BW			BFA			IRA			BSA		
					FoS = 1.5	FoS = 1.3	PoF = 25	FoS = 1.5	FoS = 1.3	PoF = 25	FoS = 1.5	FoS = 1.3	PoF = 25	FoS = 1.5	FoS = 1.3	PoF = 25	FoS = 1.5	FoS = 1.3	PoF = 25
D1	D1	1	157	222	59	94	88	10	10	10	55	65	65	44	51	51	47	55	55
	D2_N	1	55	110	41	41	41	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	55
	D2_N	2	111	141	89	126	201	10	10	10	45	50	60	37	40	48	39	43	51
	D2_N	3	142	142	93	144	157	10	10	10	50	60	65	40	48	51	43	51	55
	D2_N	4	143	177	94	106	157	10	10	10	60	65	65	48	51	51	51	55	55
D2	D2_N	5	178	178	86	127	157	10	10	10	50	60	65	40	48	51	43	51	55
	D2_S	1	6	54	54	90	10	10	10	45	45	50	37	37	40	39	39	43	
	D3_N	1	102	251	83	83	83	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	
	D3_N	2	252	278	47	66	86	10	10	10	45	50	55	37	40	44	39	43	47
	D3_S	1	285	311	48	69	89	10	10	10	45	50	55	37	40	44	39	43	47
	D3_S	2	312	319	62	82	98	10	10	10	50	55	60	40	44	48	43	47	51
	D3_S	3	320	342	55	55	86	10	10	10	45	45	50	37	37	40	39	39	43
	D3_S	4	343	354	58	58	58	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	
	D3_S	5	355	30	42	42	72	10	10	10	45	45	50	37	37	40	39	39	43
	D3_S	6	31	93	42	61	84	10	10	10	45	50	55	37	40	44	39	43	47
D5	D5_U	1	154	161	24	24	49	10	10	12	50	50	60	40	40	46	43	43	50
	D5_U	2	162	194	19	19	114	10	10	10	55	55	65	44	44	47	47	55	
	D5_U	3	195	195	19	35	114	10	10	10	55	60	65	44	48	51	47	51	
	D5_U	4	196	213	55	55	114	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	
	D5_U	5	214	227	67	100	114	10	10	10	50	60	65	40	48	51	43	51	
	D5_U	6	228	314	62	90	117	10	10	10	45	50	55	37	40	44	39	43	
	D5_U	7	315	14	144	144	128	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	
	D5_U	8	15	15	101	189	161	10	10	12	55	60	60	44	48	46	47	51	
	D5_U	9	16	33	113	189	161	10	10	12	40	60	60	33	48	46	35	51	
	D5_U	10	34	67	136	189	161	10	10	12	55	60	60	44	48	46	47	51	
D6	D5_D	1	171	194	19	19	48	10	10	12	55	55	60	44	44	46	47	47	50
	D5_D	2	195	195	19	35	48	10	10	12	55	60	60	44	48	46	47	51	
	D5_D	3	196	213	55	55	111	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	
	D5_D	4	214	227	67	100	111	10	10	10	50	60	65	40	48	51	43	51	
	D5_D	5	228	314	62	90	115	10	10	10	45	50	55	37	40	44	39	43	
D5_D	6	315	339	144	144	119	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55		
D6	D6	1	308	314	17	17	260	10	10	10	65	65	65	51	51	51	55	55	
D6	D6	2	315	323	128	169	260	10	10	10	50	55	65	40	44	51	43	47	
D6	D6	3	324	329	106	169	50	10	10	12	40	55	60	33	44	46	35	47	
D6	D6	4	330	30	116	37	50	10	10	12	55	60	60	44	48	46	47	50	

Рис. 3. Кинематическая карта карьера в табличном виде

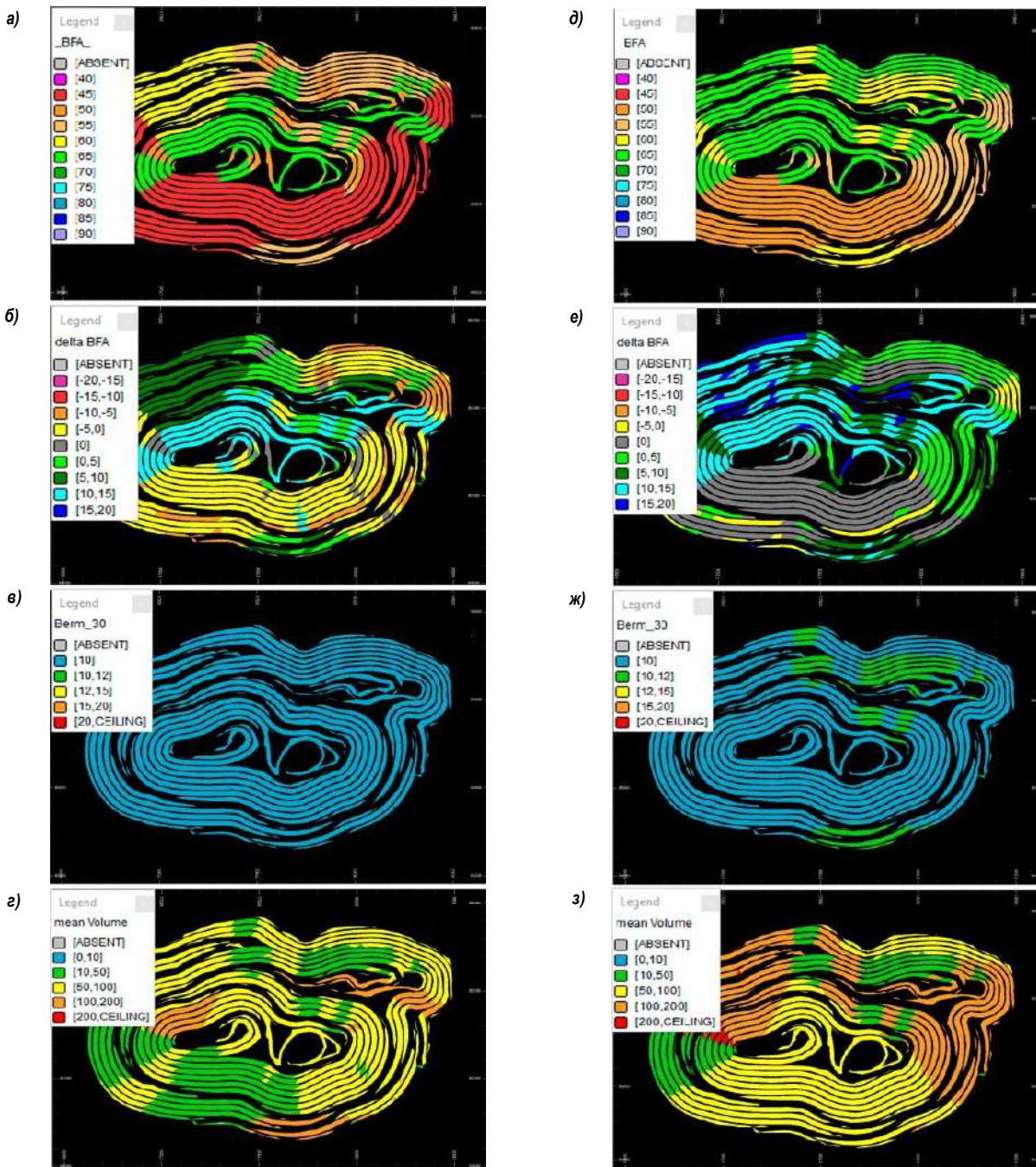


Рис. 4. Кинематическая карта карьера в графическом виде

ном контуре. С использованием ПО Micromine разработана трёхмерная триангуляционная модель карьера. На рисунке (рис. 5а) приведено изображение полученной модели в сравнении с ранее принятым проектным контуром.

Объём выемки в рекомендуемом контуре составит 249,7 млн. м³.

В ранее принятом контуре объём выемки составлял 265,7 млн. м³. Таким образом уменьшение объёма горной массы составит 16 млн. м³.

Благодаря принятым более крутым углам откосов уступов западный борт карьера спроектирован круче на 7° (рис. 4б). Восточный борт тоже будет отстроен несколько круче. Южный борт карьера в целом остался без значительных изменений, так как рекомендуемые параметры уступов совпали с ранее принятыми.

Угол наклона части северного борта карьера стал больше на те же 7° (рис. 4в). Следует отметить, что экономия объёмов вскрыши может быть более значительной. При построении контура карьера учтено наличие рудных тел в северной части дна карьера. На рисунках (рис. 4б и рис. 4в) данные области закрашены красным цветом. Аналогичная ситуация с северо-восточным бортом карьера, там также включены в отработку запасы, имеющиеся в борту карьера.

Таким образом помимо уменьшения объёма горной массы рекомендуемым контуром обеспечивается также отработка большего объёма запасов месторождения.

Контур карьера может быть перестроен от границ дна карьера с сохранением рекомендуемой конструкции бортов, в таком случае

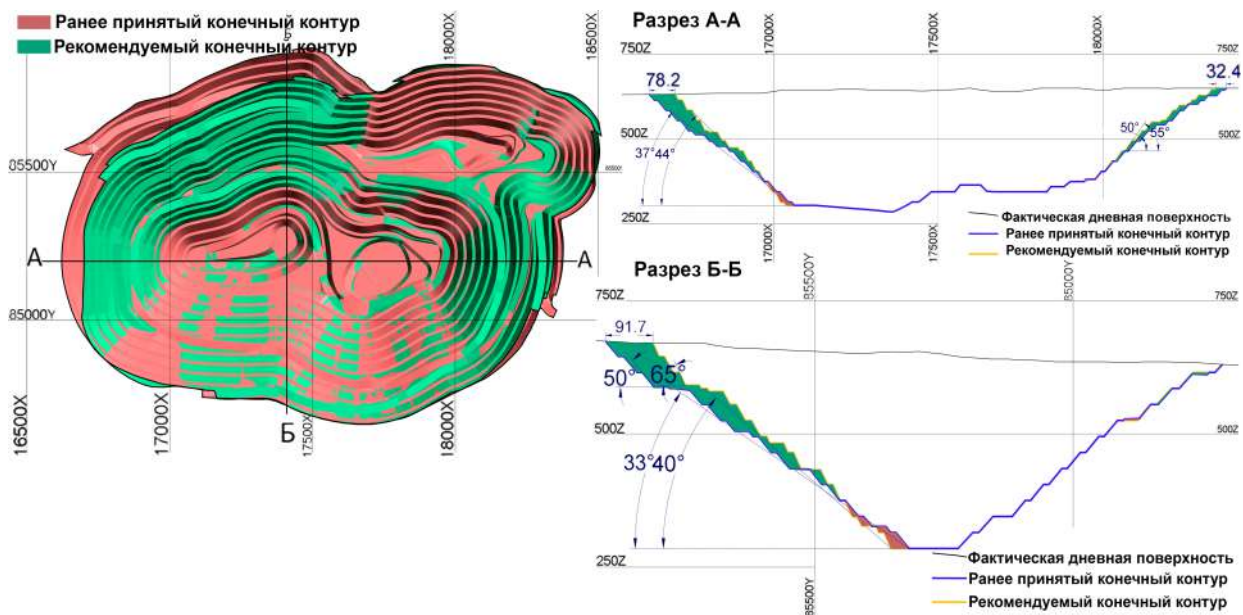


Рис. 5. Трёхмерная модель карьера в рекомендуемом контуре

Таблица 6
Результирующие расчётные свойства пород

Породы	AL	DL	MET	MET-AL	SL	Ug	PRS
$\gamma, \text{ kN/m}^3$	22,92	26,31	25,83	25,72	25,71	25,53	25,69
$\sigma_{сгс}, \text{ КПа}$	5402	36468	43304	21396	30803	29676	33116
GSI	51	55	65	63	62	59	62
m_i	5,82	8,21	4,88	2,16	5,23	3,67	4,62
$C_m, \text{ КПа}$	528	1482	1908	1048	1433	1237	1478
$\varphi_{m_i}, ^\circ$	16,9	33,11	32,56	20,74	29,92	26,2	29,2
$C', \text{ КПа}$	99	323	269	361	112	338	220
$\varphi', ^\circ$	21,6	25,4	23,5	19,2	25,3	18,7	22,9
Эквивалентные свойства							
$C_{\text{эк}} (k = 0,5), \text{ КПа}$	314	903	1089	704	772	788	849
$\varphi_{\text{эк}}, ^\circ$	19,6	29,4	28,5	20,2	28,3	22,7	26,5
$C_{\text{эк}} (k = 0,8), \text{ КПа}$	185	555	597	498	376	518	471
$\varphi_{\text{эк}}, ^\circ$	21	27	25,7	19,7	26,7	20,4	24,5

будет достигнуто более значительное уменьшение объёмов вскрыши при отработке тех же запасов, что и в ранее принятом контуре.

Оценка устойчивости бортов карьера. Для оценки устойчивости бортов карьера проводятся заверочные расчеты устойчивости методами предельного равновесия, а также методом конечных элементов. На основе этих расчетов определяются также дополнительные параметры, необходимые для проектирования открытого рудника, такие как оптимальные расстояния размещения отвалов от верхней бровки борта карьера. Оценка устойчивости выполняется для рекомендуемого контура карьера, разработанного в соответствии с параметрами уступов, обоснованными на основании результатов 3К-моделирования.

Расчеты устойчивости бортов карьера методом предельного равновесия. В данной работе расчеты выполнены с использованием специального ПО для оценки устойчивости откосов Rocscience Slide2. В табл. 6 приведены все результирующие свойства пород, принятые для расчетов устойчивости.

Переслаивания пород из домена 6 обозначены кодом PRS. Эквивалентные прочностные свойства (прочность по направлению систем трещин [2]), учитывающие прочность породных перемячек между трещинами, рассчитаны при коэффициентах сплошности $k = 0,8$ и $k = 0,5$, соответственно, для напластования и остальных систем трещин (табл. 6).

На рис. 6 приведён план, на котором отмечено положение линий, по которым отстроены разрезы и выполнены расчеты устойчивости. Положение линий выбрано с учётом формы бортов карьера, расположения тектонических нарушений, систем трещин и других факторов, негативно влияющих на устойчивость бортов. На плане показаны границы структурных доменов на поверхности карьера, что делает возможным сопоставление с границами доменов (и участков анизотропии прочностных свойств) на разрезах. В табл. 7 приведены результаты проведенных расчетов устойчивости.

Результаты расчетов устойчивости, представленные в табл. 7 показывают, что запас устойчивости бортов карьера при представленных значениях будет достаточным. Коэффициенты запаса устойчивости по результатам вычислений составляют от 1,68 до 2,02, что превышает рекомендуемое значение $n = 1,3$ [1].

Высокий запас устойчивости борта в районе линии 3-3 обусловлен небольшой высотой борта. На разрезах 6-6 и 5-5 запас устойчивости борта несколько ниже, чем на разрезах 7-7 и 4-4, несмотря на меньшую высоту борта, из-за неблагоприятного залегания трещин и влияния Беспанского разлома. Учитывая, что коэффициенты запаса устойчивости бортов заметно превышают рекомендуемые значения, выполнена оценка возможности размещения отвалов в непосредственной близости к верхней бровке борта, то есть на призме возможного обрушения. Для этого выполнены дополнительные расчеты устойчивости бортов с учетом пригрузки их отвалами. Расчеты проведены для бортов с наименьшим КЗУ (в районе линий 1-1 и 6-6).

Результаты выполненных расчетов показывают, что отвалы могут быть размещены на борту карьера непосредственно на расчётной призме обрушения. Запас устойчивости борта с учётом нагрузки от отвалов будет оставаться достаточным. Коэффициент запаса устойчивости составил 1,47 и 1,49 (снижение на 0,21 и 0,25) соответственно на разрезах 1-1 и 6-6.

По итогам выполненных расчетов рекомендуется принимать высоту отвала не более 100 м при принятых рудником геометрических параметрах отвала: 2 яруса по 50 м высотой с углом откоса 37° и бермой 50 м. Рекомендуемое расстояние от верхней бровки – 27 м (соответствует ширине автомобильного съезда).

Оценка устойчивости бортов карьера численным моделированием. Для проведения расчетов устойчивости бортов карьера использован специализированный программный комплекс

Таблица 7
Результаты расчетов устойчивости бортов карьера

Разрез	Высотные отметки, м		Высота, м	Угол наклона, °	Коэффициент запаса устойчивости
	от	до			
1-1	300	650	350	39	1,68
2-2	300	690	390	40	1,9
3-3	475	725	250	46	2,02
4-4	375	645	270	39	1,81
5-5	340	620	280	33	1,78
6-6	300	630	330	39	1,74
7-7	300	630	330	44	1,85

Midas GTS NX, предназначенный для проведения геотехнических расчетов. Численное моделирование в данной программе производится методом конечных элементов [8, 9].

Для вычисления коэффициента запаса устойчивости бортов используется метод снижения прочности (Strength Reduction Method). Исходя из определения понятно, что метод снижения прочности может работать только для материалов, обладающих пределом текучести. Сходимость итеративного решения в Midas GTS NX может оцениваться с использованием трёх критериев: силового критерия, критерия по перемещениям и энергетического критерия. По умолчанию в программе используется первый и последний критерии. Моделирование выполнено в трёхмерной постановке.

Для того, чтобы выполнить оценку устойчивости нескольких бортов карьера, а не только одного наименее устойчивого, отдельно смоделированы четыре борта (закругления) карьера. То есть модели представляют собой четверти карьера. Такой подход к моделированию является допустимым, так как границы модели представляют собой, по сути, плоскости симметрии напряженно-деформированного состояния в модели. То есть, если выемка является симметричной относительно границ модели, то напряженное состояние воспроизводится без значительных отклонений. В разработанной конечно-элементной модели использованы три вида материалов: линейная упругая модель, нелинейная модель Мора-Кулона (Mohr-Coulomb), анизотропная модель трещиноватого скального массива (Jointed Rock Mass). Часть модели, наиболее удаленная от карьерной выемки задана в виде упругого материала, так как пластические деформации в этой области не ожидаются, при этом упругое поведение наиболее вычислительно эффективно. Прибортовый массив задан анизотропной моделью трещиноватого массива, в которой учитываются направления напластования горных пород. Карьерная выемка, которая на нулевой стадии включена в модель для воспроизведения природного напряженного состояния, задается упругим материалом. Разломы большой мощности воспроизводятся посредством Мор-Кулоновской модели (изотропной). Использование материалов с линейным (Кулоновским) пределом текучести, а не криволинейным по Хуку-Брауну, объясняется необходимостью считать коэффициент снижения прочности, что затруднительно при использовании критерия прочности Хука-Брауна. Особенности деформирования каждого материала приведены в справке по программе [9].

На рис. 7 в качестве примера приведена одна из четвертей, на которой показаны виды материалов и строение модели. Конечно-элементная сетка во всех моделях сгущена в области прибортового массива, где необходимо наиболее точно отразить напряжения и деформации. Валидация модели была выполнена по соответствию природному напряженному состоянию. Природное напряженное состояние смоделировано на нулевой стадии, то есть до начала горных работ, и оценено на соответствие наибольших главных напряжений величине γH . Проверена вертикальность наибольших главных напряжений. Проверена однородность напряженного состояния, которая показывает отсутствие ошибок в топологии элементной сетки, корректность величин деформационных и прочностных характеристик, отсутствие ошибок в задании граничных условий.

Главные напряжения σ_2 и σ_3 по результатам валидации соответствуют ожидаемым величинам $\lambda \gamma H$, где λ – коэффициент бокового распора.

Коэффициенты запаса устойчивости бортов карьера, найденные посредством численного моделирования, приведены в таблице (табл. 9). Точность определения коэффициентов запаса составила 0,05, это соответствует использованному шагу снижения характеристик.

Из табл. 9 можно заметить, что в целом результаты численного моделирования согласуются с результатами расчетов методом предельного равновесия. Результаты моделирования сопоставле-

Таблица 8
Заданные в модели физико-механические свойства пород

Породы	E, КПа	ν	γ , КН/м ³	C_m , КПа	Φ_m , °	G, КПа	C_{eq} , КПа	Φ_{eq} , °
PRS	6882910	0,28	25,69	957	22,70	2688637	471,3	24,5
DL	4694690	0,28	26,31	952	24,73	1833863	903,0	29,4
BRC	6609600	0,28	23,66	56	29,4	2581875	–	–
AL	1477160	0,28	22,92	314	1093	577016	185,0	20,9

Таблица 9
Коэффициенты запаса устойчивости бортов карьера, полученные численным моделированием

№ четверти	Положение округления	Коэффициент запаса устойчивости
1	северо-западное	1,60
2	северо-восточное	2,00
3	юго-западное	1,60
4	юго-восточное	1,60

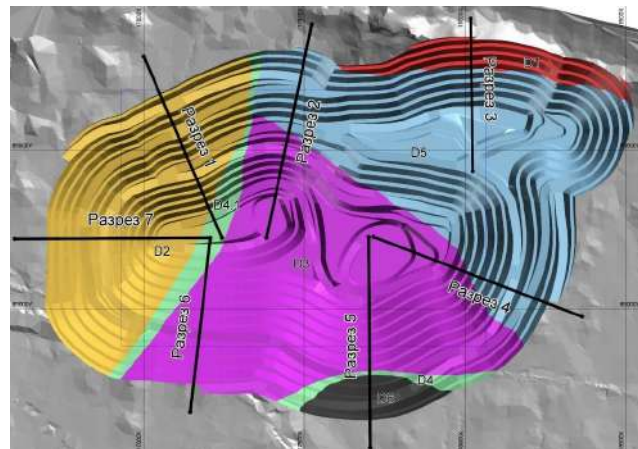


Рис. 6. Трёхмерная модель карьера в рекомендуемом контуре

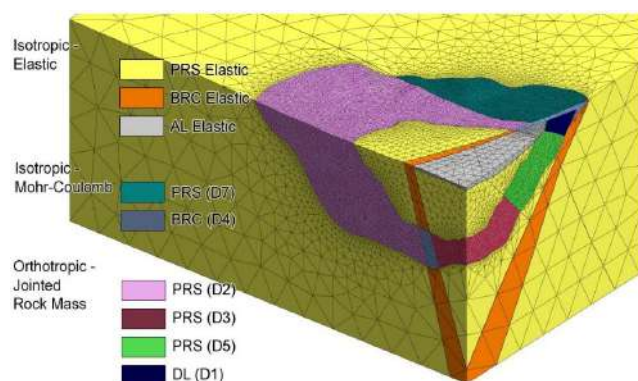


Рис. 7. Пример разделения модели по видам материала (четверть 1)

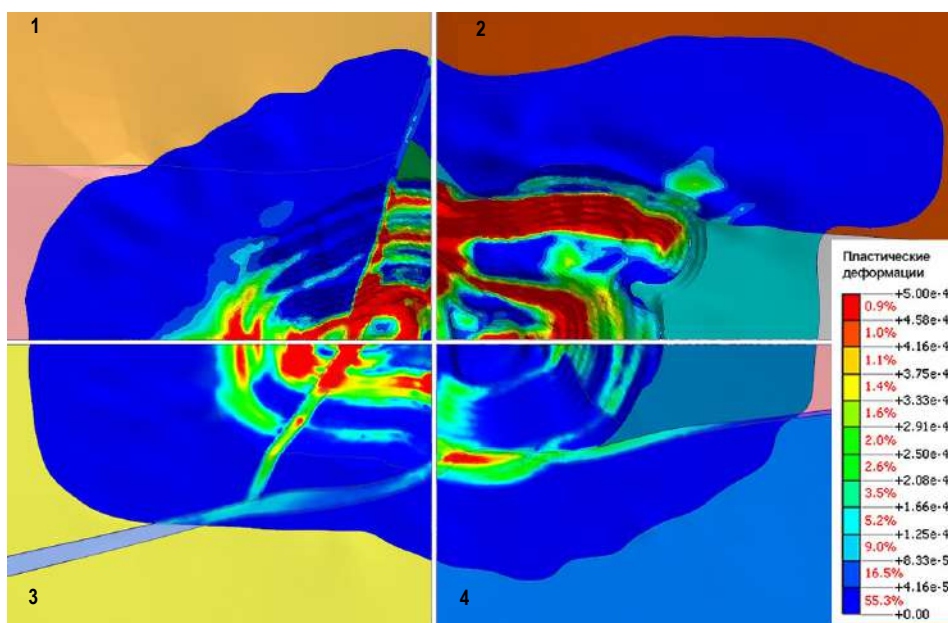


Рис. 8. Участки повышенных пластических деформаций на карьере

ны на едином рисунке, на котором показаны все четверти в плане. Окраска модели выполнена в соответствии с величинами пластических деформаций (рис. 8). На окрашенных красным цветом участках наиболее вероятно протекание деформационных процессов.

Вторая четверть смоделирована с гораздо большим коэффициентом снижения прочности, поэтому и область пластических деформаций на ней больше по площади, следует принимать это во внимание при изучении данного плана. По результатам анализа можно порекомендовать проведение мониторинга на участке борта над Бесапанским разломом на юго-востоке, а также в верхней части западного борта. Большие пластические деформации на субмеридиональном разломе могут означать, что следует ожидать образование осыпей в данной области.

На основе результатов выполненной работы можно сделать следующие выводы:

Рекомендованные на основе 3К-моделирования параметры уступов учитывают фактические характеристики трещиноватости.

Построенная кинематическая карта карьера с учётом всех комбинаций плоскостей систем трещин и откосов уступов позволит выкрутить углы откосов уступов, относительно ранее принятых на величину местами до 20°. Вместе с тем на карте карьера выдели-

лись участки борта, на которых рекомендуется выложить углы откосов уступов, относительно ранее принятых на величину местами до 10°.

Разработанный с учётом уточненных характеристик уступов проектный контур карьера является более экономичным, чем ранее принятый. Уменьшение объёмов вскрыши составит 16 млн. м³ (или 6%). Увеличение генерального угла наклона борта составило до 7°. Вместе с тем достигнуто увеличение запасов, вовлекаемых в добычу.

Результаты расчётов устойчивости оптимизированного борта карьера методом предельного равновесия показывают, что запас устойчивости будет достаточным для безопасной отработки месторождения. Коэффициенты запаса устойчивости по результатам вычислений составляют от 1,68 до 2,02, что выше рекомендуемого критерия приемлемости $n = 1,3$ [1]. Численное моделирование подтвердило результаты расчетов устойчивости методом предельного равновесия. Также моделирование показало, какие участки бортов могут быть наименее устойчивы из-за особенностей напряженного состояния и трещиноватости пород.

Размещение отвалов допустимо непосредственно у бровки бортов карьера при соблюдении рекомендуемых геометрических параметров отвала.

Библиографический список:

1. Джон Рид, Питер Стейси. Руководство по проектированию бортов карьера. *Guidelines for open pit slope design*. Пер. с англ. А.С. Бентхен А.С. Науч. ред. пер. Макаров А.Б. – Екатеринбург: Правовед, 2015. – 528 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов». Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 N 61603. 2020 г.
3. Роинишвили Н.М. Защита железнодорожного пути от горных обвалов и осыпей. – М.: «Транспорт», 1973. – 304 с.
4. Persistence and Bench Design. *RocPlane Theory Manual*. Rocscience Inc., 2019.
5. Gibson W. de Bruyn I.A. and Walker D.J.H. Considerations in the optimisation of bench face angle and berm width geometries for open pit mines, in *Proceedings of The South African Institute of Mining and Metallurgy International Symposium on Stability of Rock Slopes, Symposium Series S44 Stability of rock slopes in open pit mining and civil engineering situations, 2006*, pp. 557 – 579.
6. Gibson W. & Paul J. Comparison for estimating volume of failed wedges, SRK Consulting (Australasia) 2016, Pty Ltd, Perth, pp. 2-4.
7. Coetsee S. An overview of bench design for cut slopes with an example of an advanced dataset assessment technique, in PM Dight (ed.), *Slope Stability 2020: Proceedings of the 2020 International Symposium on Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering*, Australian Centre for Geomechanics, Perth, pp. 731-748.
8. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
9. Посobie по расчетам. *Midas GTS NX [Текст]*. 2021. <http://ru.midasuser.com/web/page.php?no=65>.
10. Hoek E., Brown E.T. Practical estimates of rock mass strength / *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – Vol. 34. – No 8, 1997, pp. 1165-1186.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ИЗ РАНЕЕ ОТРАБОТАННЫХ НЕКОНДИЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА



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



Аликулов Ш.Ш.,
проректор
по международному сотрудничеству
НГГТУ, д.т.н., доцент



Ибрагимов Р.Р.,
соискатель
НГГТУ



Халимов И.У.,
заведующий кафедрой
«Техника и технологии добычи и
переработки руд редких и радиоактивных
металлов» НГГТУ, к.т.н., доцент

Tadqiqotlar texnologik quduqlarda geofizik tadqiqotlar, geologik va geotexnologik sharoitlarni tizimlashtirish va tahlil qilish hamda qoldiq zahiralari bo'lgan turg'un zonalarning shakllanishiga va texnogen uran birikmalarining shakllanishiga yordam beruvchi texnologik bloklarni ekspluatatsiya qilishning asosiy omillarini o'z ichiga oldi. Uran konlarining mineral-xomashyo bazasini oshirish uchun prognozlash usuli taklif qilinib, texnogen rudani baholash (standart usul) berilgan.

Shartnoma asosida qazib olishdan oldin ishlab chiqilgan yoki unga yaqin bo'lgan texnologik bloklarning qoldiq uran muammosi so'nggi yillarda ikki sababga ko'ra dolzarb bo'lib qoldi: yangi uchastkalar yoki konlar hisobiga bir qator ob'ektlarning resurs bazasining tugashi va uni to'ldirishning mumkin emasligi; tog'-kon sanoati korxonalarining yakuniy mahsulotlariga jahon narxlarining pastligi, bu esa ishlab chiqaruvchilarni mahsulot tannaxini pasaytirish uchun yangi va nostandart yondashuvlarni izlashga majbur qiladi. Shu munosabat bilan konning allaqachon o'zlashtirilgan bloklarida texnogen va qoldiq uranni o'zlashtirish korxonada ishlab chiqarish xarajatlari darajasini pasaytirishning dolzarb yo'nalishlaridan biridir.

Tayanch iboralar: uranni yer ostida yuvib tashlash, past navli rudalar, konlarni qazib olish, konlar, maydalash, qatlam konlari, uran, ruda qazib olish, tashish, maydalash, agdarmalarni saqlash, balansdan tashqari uran rudalari, agdarmalarni saqlash inshootlari.

В исследованиях проведены геофизические исследования в технологических скважинах, систематизация и анализ геологических и геотехнологических условий и основные факторы при эксплуатации технологических блоков, способствующие образованию застойных зон с остаточными запасами и формированию техногенных скоплений урана. Предложен метод прогноза и дана оценка (стандартная методика) техногенной руде для увеличения минерально-сырьевой базы урановых месторождений.

Проблема остаточного урана технологических блоков, которые отработаны до контрактного извлечения, либо близки к этому, становится актуальной в последние годы по двум причинам: исчерпание ресурсной базы ряда объектов и невозможность её восполнения за счёт новых участков или залежей; низкие мировые цены на конечную продукцию добывающих предприятий, что заставляет производителей искать новые и нестандартные подходы к уменьшению себестоимости продукции. В этой связи, отработка техногенного и остаточного урана на уже освоенных блоках месторождения является одним из актуальных подходов к снижению уровня производственных затрат на предприятии.

Ключевые слова: подземное выщелачивание урана, бедные руды, добыча, месторождения, дробление, пластовые месторождения, уран, выемка руды, транспортировка, измельчение, хранение отвалов, забалансовые урановые руды, сооружения хвостохранилищ.

Подземное выщелачивание (ПВ) является способом разработки рудных месторождений без поднятия руды на поверхность путём избирательного перевода ионов минералов в продуктивный раствор непосредственно в недрах.

Данный метод осуществляется бурением скважин через рудные тела, подачей раствора и подъёма минерал содержащих растворов на поверхность, извлечением из них минерала на сорбционных ионообменных установках, добавлением кислоты в маточные растворы и повторной закачкой их в недра.

При этом урансодержащая руда остаётся под землей в отличие от традиционных методов добычи (шахтный и карьерный), требующих значительных затрат на рекультивацию, в связи с чем данный метод ПВ отличается высокой экологической безопасностью, низкими затратами и упрощенностью технологических операций [1-9].

Данная работа позволит в процессе эксплуатации месторождения выделить застойные слабо прорабатываемые выщелачиваю-

щими растворами зоны и выявить участки с высокой проницаемостью, могущие привести к образованию каналов преимущественной фильтрации, что ведет к недоизвлечению урана из недр.

Теоретические результаты данной работы позволят выработать способы проработки застойных зон в период выщелачивания технологического блока и разработать проект технологических скважин по проработке месторождений, что в свою очередь позволит более эффективно обрабатывать запасы, повышая процент извлечения из недр.

В связи с вышесказанным, исследования, проведенные в данной работе являются достаточно актуальными.

Предложенный ниже подход вовлечения техногенных и оставшихся урановых руд в повторную многократную отработку может быть успешно интегрирован в существующие геологические подразделения предприятий.

Нарушение гидродинамического режима технологических скважин, не соблюдение баланса между откачными и закачными

Результаты КНД-м каротажа блока 134

Проба	№ скважины	Интервал, м		Мощность пласта, м	Содержание урана, %	Метропроцент, м%
		от	до			
песок	134-15	254,35	255,85	1,5	0,011	0,017
песок		256,35	257,25	0,7	0,013	0,009
Итого:				2,2	0,024	0,026
песчаник	134-16	261,55	262,05	0,5	0,013	0,007
песок	134-17	251,75	252,25	0,5	0,022	0,011
песчаник		258,15	259,35	1,2	0,044	0,053
песчаник	134-18	250,25	251,75	15	0,028	0,042
песчаник	135-47	264,65	264,95	0,3	0,012	0,003
песчаник	135-48	262,95	263,45	0,5	0,025	0,013
песчаник	135-51	240,15	241,65	1,5	0,016	0,024
		244,95	245,75	0,8	0,025	0,02
Итого:				2,3	0,02	0,046
песок	135-52	242,55	243,25	0,7	0,024	0,017
песчаник		245,85	246,45	0,6	0,021	0,013
Итого:				1,3	0,022	0,029
песчаник	135-53	262,05	263,35	1,3	0,024	0,031
песок	135-54	250,65	252,75	2,1	0,068	0,143
песчаник	135-55	237,55	238,35	0,8	0,124	0,099
песчаник	135-56	248,95	249,45	0,5	0,031	0,016
песчаник		251,25	251,75	0,5	0,02	0,01
Итого:				1	0,0255	0,026

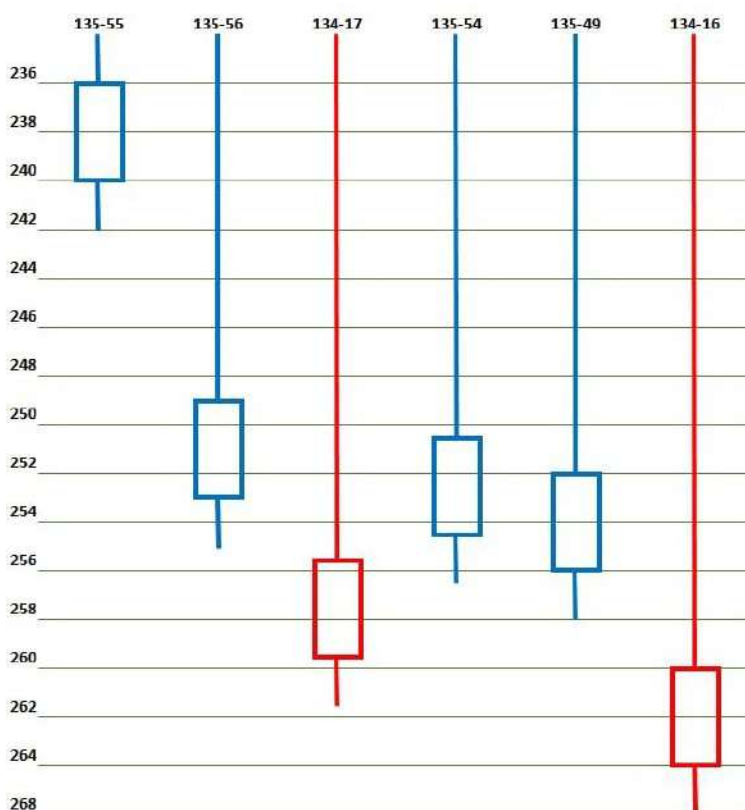


Рис. 1. Взаиморасположение скважинных фильтров по глубине в исследуемых ячейках

скважинами в пределах каждого эксплуатационного блока и неоднородности пласта, которые приводят к существенным перетокам продуктивных растворов в смежные блоки, а также наличие глинистых пропластков в рудных горизонтах через которые фильтруются потоки продуктивных растворов. Все это, приводит к значительному перераспределению урана в недрах, частичному вторично-

му обогащению его между ячейками, блоками и за пределами блоков. В свою очередь вышеуказанные причины способствуют новообразованию скоплений урана, которые в литературе названы застойными зонами.

Эффект новообразованных скоплений урана с образованием маломощных небогатых рудных тел наблюдается обычно в верхах разреза, при расположении скважины в ближайшей периферии от крайней закачной, внутри или за геометрическим контуром технологического блока, и гипсометрически выше ближайших закачных фильтров, либо в самых низах разреза, ниже уровней фильтров технологических скважин.

Для образования концентраций переотложенного урана, важны два условия: наличие восстановленных песков, с проницаемостью не выше основного объема рудной части разреза, расположенных выше или ниже рудных интервалов; невысокая длительность проработки горнорудной массы блока или его части.

Оценка критичной продолжительности пока может быть дана с некоторой степенью обоснованности. Например, на основе оценки количества гидродинамических циклов, в каждом из которых выносятся определённое количество металла, и определённое количество кислоты прореагирует с горнорудной массой [10]. Важным представляется также подтверждение накопления техногенного урана в ближней законтурной периферии закачных скважин.

Ореол законтурной области новообразованных скоплений можно ограничить, по факту контрольного бурения, расстояниями 5-15 м от геометрического контура блока, за исключением площади влияния откачного ряда на половину расстояния между откачными и закачными рядами.

Также определяющее влияние как на площадь развития новообразованных скопления урана, так и на степень сохранности законтурных рудных интервалов оказывает направление миграции растворов.

Методика прогнозирования и оценки остаточных и новообразованных скоплений урана. В разработанной методике прогноза и

Таблица 2

Данные по блоку 134

№	Тип скважины		Дебит (если закачная, то приемистость)	Интервал установки фильтра	Динамический уровень скважин	Статический уровень скважин
	закачная	откачная				
1.	135-47		5,1	258,5-262,5		65
2.	135-48		4,7	262-266		68,5
3.	135-49		6,6	252-256		69
4.	135-50		1,1	255,5-259,5		71
5.	135-51		3,3	240-244		68
6.	135-52		9,0	241,5-245,5		85
7.	135-53		0,1	252-256		67
8.	135-54		4,0	250,5-254,5		71
9.	135-55		7,2	236-240		73
10.	135-56		3,2	249-253		59
11.		134-15	9,0	255,5-259,5	153	72
12.		134-16	5,0	260-264	180	59
13.		134-17	16,8	255,5-259,5	80	65
14.		134-18	3,0	248,5-252,5	150	53

оценки остаточных запасов урана на технологических блоках и их периферии можно уследить прогнозные площади по месту локализации в рамках следующей классификации: приуроченные к надфильтровым интервалам; приуроченные к остаточному урану в фильтровых интервалах; приуроченные к подфильтровым интервалам; приуроченные к вероятным областям гравитационной миграции; приуроченные к законтурным образованиям, определяющим возможность прироста запасов технологического блока.

По условиям и ограничениям в оценке ресурсов остаточного урана основой прогноза и оценки служат карты продуктивности, карты распространения над- и подфильтровых рудных интервалов, литолого-фильтрационные разрезы и гидродинамические модели. Для оценки ресурсов остаточного урана вводятся поправки отдельно для надфильтровых и для подфильтровых интервалов.

В оценке остаточных рудных интервалов в пределах фильтров просчитывается только область с исходной продуктивностью выше заранее выбранного порогового значения.

Оценка интенсивности отработки рудных интервалов даёт возможность прогноза остаточного урана непосредственно в фильтровых интервалах и также способствует оценке вероятности растекания растворов вниз / вверх по разрезу от фильтра.

В исходной постановке задача сводится к прогнозу и обоснованию технологической и экономической целесообразности выполнения комплекса горно-подготовительных работ на остаточный уран в блоках. Для реализации этой цели выполняется следующая последовательность работ:

На первом этапе формируется база по рудоносности, геометрическим и морфологическим характеристикам руд, положению фильтров и литологическим разностям, на базе которой осуществляется картографирование характеристик рудоносности территории блоков.

При картографировании блоков учитываются важные показатели, которые позволят выделить области повышенного технологического интереса и отражаются в следующем списке: продуктивности; рудной мощности; соотношения фильтра и рудной мощности; разница между положением верхней отметки фильтра и кровли балансовых руд; наличия нижнего водоупора и мощности песков между нижней отметкой фильтров и кровлей нижнего водоупора.

На следующем этапе проводятся исследования по определению мощности активной фильтрации продуктивного горизонта, соотношения длины фильтров с рудоносностью и активной мощностью, а также проводится анализ работы фильтров.

Все это ложится в основу создания гидродинамической модели на территории блока, выделенного для исследования остаточного запаса урана.

Создание гидродинамической модели позволит напрямую увидеть застойные зоны и зоны законтурного растекания.

По результатам моделирования выделяется ячейка с повышенным технологическим интересом. Исследования проводятся по результатам комплексных каротажей и КНД - каротажа.

Оценка остаточных запасов проводится классическим способом по выделенной ячейке.

Главным критерием выделения ячейки является её замкнутость, когда закачные скважины формируют поле давлений, замкнутое на одну или несколько откачных скважин.

Оценка остаточных запасов урана в блоке.

Для прогнозирования и оценки остаточных запасов урана технологического блока № 5-134 требовалось обозначить возможные «застойные» зоны. Формирование застойных зон базируется на ряде факторов, которые были описаны выше.

Для прямого определения содержания урана в рудах без ядерного опробования было принято решение провести КНД-м каротажа на всех скважинах блока (табл. 1).

Для оконтуривания балансовых руд для «повторной» отработки был принят минимальный метропроцент – 0,035 м%.

Как видно из табл. 1 результаты каротажа КНД-м показали высокое содержание урана в скважине 135-54. Исходя из этого, было принято решение о проведении аналитических исследований по ячейке скважины 134-17.

Выявление застойных зон вокруг скважины 135-54 изучалось на основе гидродинамических факторов, а именно на анализе работы фильтров всех скважин данной ячейки и объёмах закачек в них (табл. 2).

По изученным гидродинамическим факторам выявлены две основные причины, подтверждающие наличие застойной зоны вокруг верхней части фильтрового интервала закачной скважины под номером 135-54.

1. В настоящее время дебит откачной скважины 134-17 исследуемой ячейки составляет 16,8 м³/час и скважины 134-16 соседней ячейки 5,0 м³/час. Есть большая вероятность, что основной объём фильтрующего потока закачиваемого раствора через скважину 135-54 движется к откачной скважине исследуемой ячейки (134-17). Нарушение гидродинамической интерференции скважины 134-54 обуславливает неравномерность скорости фильтрации как по разрезу, так и в плане, которое определяет формирование и существование застойной зоны, содержащий остаточный уран.

2. При изучении расположения фильтров по глубине видно, что фильтр от закачной скважины 135-54 находится на 1 м выше от фильтра откачной скважины исследуемой ячейки и на 5,5 м выше, фильтра откачной скважины соседней ячейки (рис. 1).

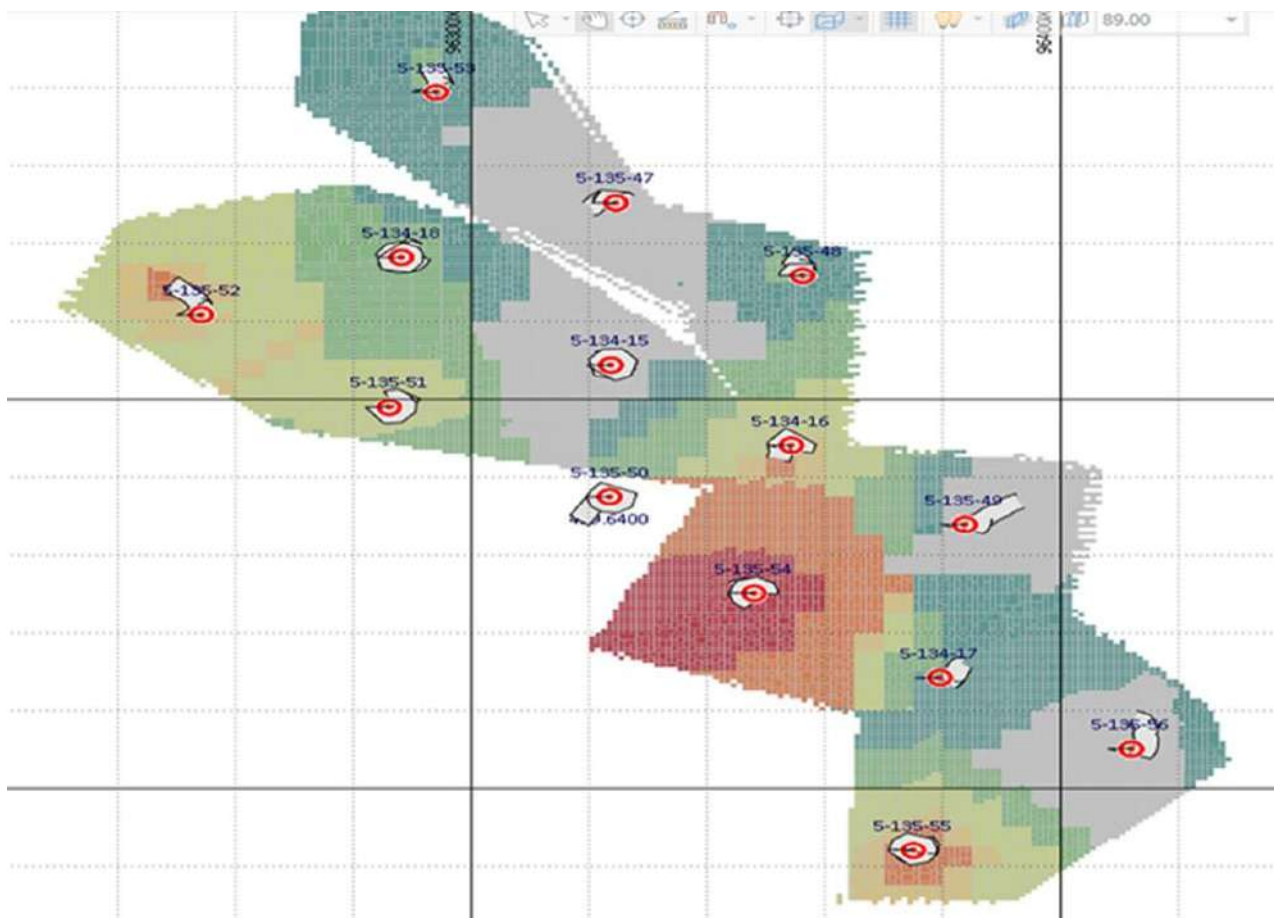


Рис. 2. Карта продуктивности блока 134

Таблица 3
Вычисление средних параметров по подсчётным блокам урановых руд

№	Номера скважин	Рудный интервал, м		Параметры руды		
		от	до	т, м	С, %	тС, м%
1.	135-55	237,55	238,35	0,80	0,124	0,099
2.	134-17	258,15	259,35	1,20	0,044	0,053
3.	135-54	250,65	252,75	2,10	0,068	0,143
Сумма по блоку		–	–	4,10	–	0,295
Среднее по блоку		–	–	1,37	0,072	0,098
Коэффициент рудоносности 3:3 = 1,0		–	–	–	–	–

Данный факт может привести к неравномерной работе фильтра скважины по длине. Исходя из этого можно разделить фильтр по длине на две зоны: работающие в пассивном и активном режимах. Это объясняется движением закачиваемого раствора по нижней части фильтра скважины 135-54, которое работает в активном режиме, и обусловлено следующим:

– во-первых, литологическая разность в интервале фильтров, вероятное поглощение (сорбируемость) урана непроницаемыми глинами локализованные на верхнем интервале фильтра скважины 135-54;

– во-вторых, фильтр откачной скважины 134-17 находится ниже и режим работы электропогружного насоса в нём создаёт воронку депрессии и закачиваемый раствор стремится к откачной скважине, не фильтруя рудный интервал по всей длине фильтра. Из-за чего

верхняя часть фильтра работает в пассивном режиме – раствор не может полностью охватывать рудный интервал надфильтровой и фильтровой зоной.

Приуроченность литологического разнообразия (по степени проницаемости) к фильтровому интервалу, анализе карты продуктивности и карты рудных интервалов даёт возможность прогнозировать наличие остаточного запаса урана верхней части рудного интервала.

Оценка интенсивности отработки рудных интервалов даёт возможность прогноза остаточного запаса урана в фильтровых интервалах, также способствует оценке вероятности растекания растворов.

Для оценки количества остаточного урана проводят подсчет запасов по выявленной зоне согласно стандартному методу основой которой являются линейные запасы. Из-за отсутствия данных по разведочным подсчётам, подсчёт запасов проведён по результатам комплексных каротажей (табл. 3 и 4).

Результаты табл. 3 и 4 также подтверждают перспективность остаточного урана вокруг этой скважины и возможное формирование ее в застойной зоне.

Таким образом, после выявления остаточного запаса урана создана каркасная модель и карта продуктивности компьютерной программой «MicroMine», чтоб визуализировать залежи остаточного запаса урана сверху (рис. 2).

Как видно из рис. 2, учитывая простираение залежи, рекомендуется следующая последовательность «повторной» отработки остаточного запаса урана:

1. Пробурить контрольную скважину с обсадкой и установкой фильтра (универсальную с целью закачки и откачки раствора) на

рудном горизонте 250-253 м на расстоянии 25-30 м от скважины под номером 135-54 по профилю.

2. В пробуренной скважине провести комплекс каротажей в том числе КНД-м; провести строительную прокачку и проанализировать жидкие пробы на уран, pH и т.п.

3. На основе сопоставления результатов гамма-каротажа и КНД-м проанализировать состав вод с продуктивного горизонта, наличие в нём повышенных концентраций урана и примесей.

4. После подтверждения допустимой концентрации урана, начать проработку в режиме push-pull, то есть закачивать рабочий раствор с целью закисления горизонта и через определенное время откачивать продуктивный раствор, сформировавшийся в рудном горизонте.

В соответствии полученными данными рентгенофлуоресцентного анализа, указывающих на низкие содержания в керновых пробах золота-Au (<0,10–0,56 г/м), Cr (45,8 г/м), Se (3 г/м), Ce (17 г/м) и других металлов дополнительно был проведен более чувствительный метод в виде пробирного анализа сборных керновых проб.

На рис. 3. показан внешний вид измельченных керновых проб, подготовленных для исследования пробирного анализа.

Результаты анализа показали, что приведенные в табл. 3, 4 надрудная проба по скважине массовая доля золота составляла 0,20 г/м, в рудной пробе скважины содержание золота составляло менее 0,02 г/м, тогда как в подрудной пробе скважины было максимальным и соответствовала 0,56 г/м.

Добыча золота в подрудном горизонте скважины проявляет рентабельность, а в рудном горизонте скважины, результаты продуктивных растворов достаточно низкие. Приведены результаты полного химического анализа керновых проб.

Исходя из результатов анализа разработка технологии по извлечению наряду с золотом, также других элементов, может привести к снижению себестоимости основного добываемого продукта.

Так как кроме золота, представляет интерес извлечения церия (17,0 г/м), лантана (7,2 г/м), самария (2,2 г/м), рубидия (75,9 г/м), хрома (45,8 г/м).

На рис. 4 графически приведены показатели содержания цветных, редких и редкоземельных элементов.

Результаты масс-спектрометрического анализа (рис. 5) позволили определить спектральные профили редкоземельных элементов всех, обнаруженных в пробах.

На основе проведенных исследований сделаны следующие заключения, имеющие практическую значимость:

Таблица 4

Подсчет запасов урана по блоку № 134 на трех балансовых скважинах

Категория запасов блока	Площадь блока, тыс. м ² (S)	Коэффициент рудоносности, (K _{руд})	Площадь блока с учетом K _{руд} , тыс. м ²	Средняя мощность руды, м (M)
1-1-С1	3,9	1	3,9	1,37
Объем руды в блоке, тыс. м ³ (V)	Объемная масса руды, т/м ³ (D)	Запасы руды, тыс. т (Q)	Среднее содержание урана, % (С)	Запасы урана, т (Р)
5,43	1,94	10,36	0,072	7,5



Рис. 3. Внешний вид измельченных керновых материалов, подготовленных для пробирного анализа

- исследования по определению мощности активной фильтрации продуктивного горизонта, соотношения длины фильтров с рудоносностью и активной мощностью и анализ работы фильтров, укладывается в основу создания гидродинамической модели в пределах рудного блока;

- создание гидродинамической модели позволило более точно определить застойные зоны и зоны законтурного растекания;
- оценка остаточных запасов проводится классическим способом по выделенной ячейке.

Главным критерием выделения ячейки является её замкнутость, когда закачные скважины формируют поле давлений, замкнутое на одну или несколько откачных скважин.

- по результатам моделирования выделена ячейка с повышенным технологическим интересом, исследование проводилось по результатам комплексных каротажей и каротаж нейтронного деления – м-каротажа;

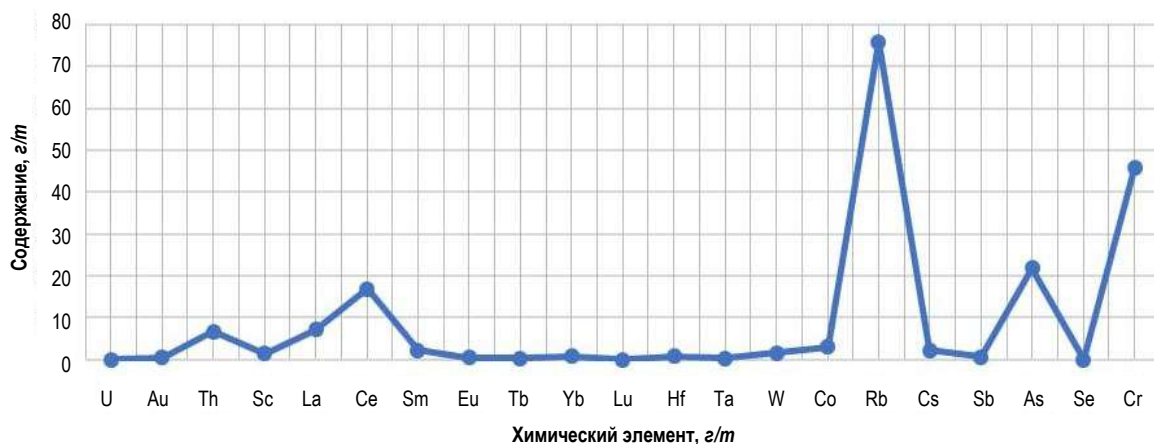
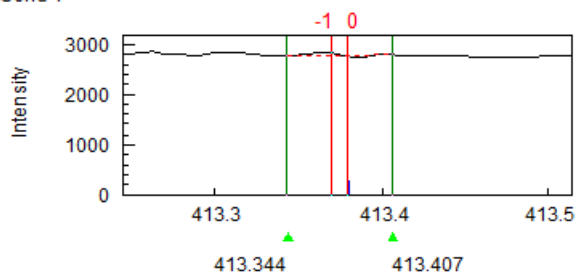


Рис. 4. Результаты химических анализов рудных проб

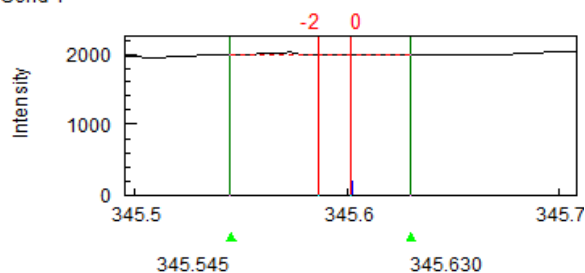
a) Ce 413.380 Best

Cond 1



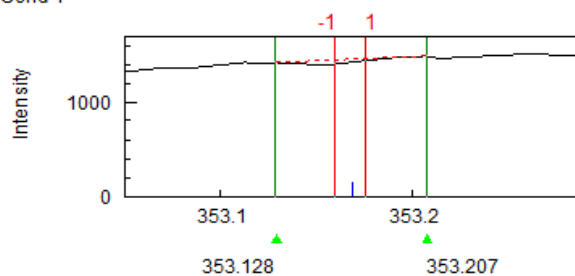
e) Ho 345.600 Best

Cond 1



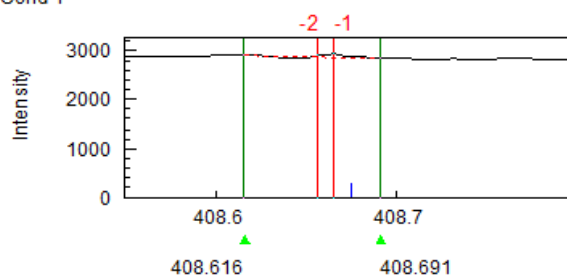
б) Dy 353.170

Cond 1



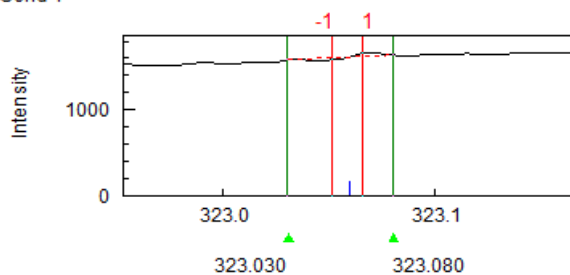
ж) La 408.672

Cond 1



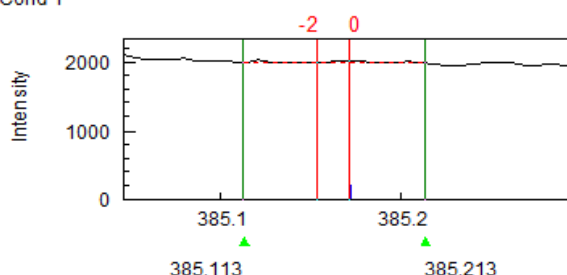
е) Er 323.058

Cond 1



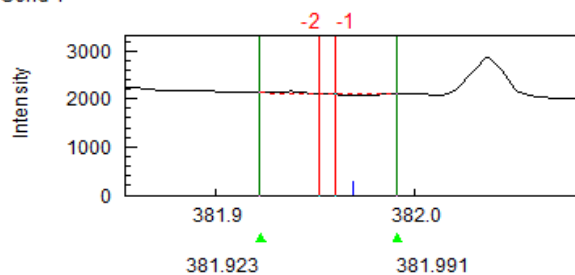
з) Nd 385.175

Cond 1



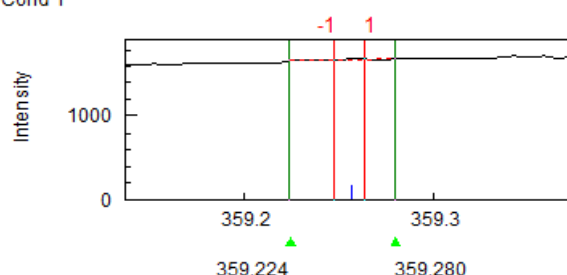
а) Eu 381.967 Best

Cond 1



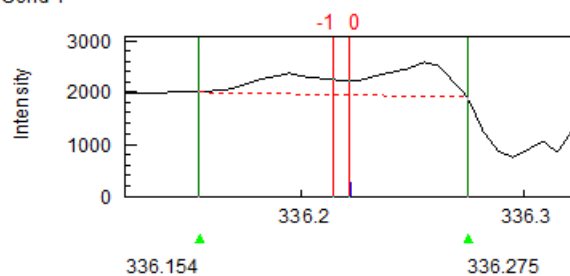
и) Sm 359.260 Best

Cond 1



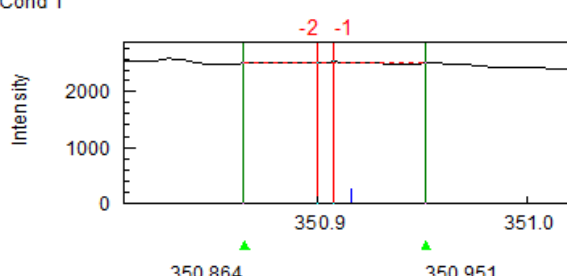
д) Gd 336.223

Cond 1



к) Tb 350.917 Best

Cond 1



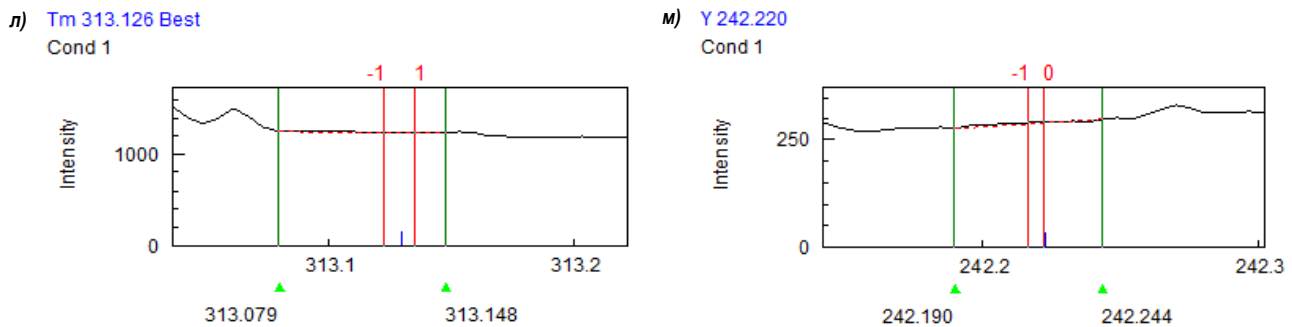


Рис. 5. Спектральные профили редкоземельных элементов в составе жидких проб: а – спектральный профиль церия; б – спектральный профиль диспрозия; в – спектральный профиль эрбия; г – спектральный профиль европия; д – спектральный профиль гадолиния; е) спектральный профиль гольмия; ж – спектральный профиль лантана; з – спектральный профиль неодима; и – спектральный профиль самария; к – спектральный профиль тербия; л – спектральный профиль тулия; м – спектральный профиль иттрия

– выявлен остаточный запас урана и создана каркасная модель, карта продуктивности компьютерной программой «Micro-Mine», что позволило визуализировать залежи с остаточным запасом урана;

– учитывая простирание залежи, рекомендована последовательность «повторной» отработки остаточных запасов урана. Это позволит дополнительно увеличить ресурсную базу и увеличить извлечение урана из недр.

Библиографический список:

1. Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков, Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. Под ред. Скороварова Д.И. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.
2. Каракоцкая И.А. Математическая модель отработки месторождения способом скважинного подземного выщелачивания. Дис. канд. физ. мат. наук. – Екатеринбург: Уральский государственный университет, 2006. – 143 с.
3. Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана. – Алматы, 2006. – 181 с.
4. Язиков В.Г., Легавко А.В. Особенности проведения геофизических исследований в скважинах при изучении и освоении инфильтрационных (гидрогенных) месторождений урана. – Томск: Издательство ТПУ, 2012. – С. 12.
5. Темирханова Р., Сыздыкова М. Подсчет стволовых запасов урана по данным гамма-каротажа в программе GIK // Журнал «Промышленность Казахстана». – Алматы, 2015. – С. 79-80.
6. Хайкович И.М. Шестнадцать лекций по геофизическим методам каротажа на месторождениях урана, предназначенных для отработки подземным скважинным выщелачиванием. – Санкт-Петербург, 2013. – 100 с.
7. Демехов Ю.В. Каротаж нейтронов деления (КНД-м) при разведке и эксплуатации месторождений урана гидрогенного типа. – Екатеринбург, 2013. – 221 с.
8. Кожаметов С.К., Поезжаев И.П. и др. Исследование законтурного закисления / выщелачивания методами моделирования гидродинамики и массопереноса. Актуальные проблемы урановой промышленности, VII МНПК. – Алматы, 2014. – С. 161-174.
9. Крайнов Р., Рыженко Б.Н., Швеиц В.М. Геохимия подземных вод: теоретические, прикладные и экологические аспекты // Рос. акад. наук, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского. Отв. ред. Н.П. Лаверов. – М.: Наука, 2004. – 676 с.
10. Наврузов Т.Ю., Бабаев В.К., Норбоев А. Каримов И.А. Практика при «повторной» отработке запасов месторождения сабырсай способом подземного выщелачивания. Горный вестник Узбекистана. – № 1 (84). – Навои, 2021. – 30 с.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 1 (92) pp. 13-20 INVESTIGATION OF TECHNOLOGY FOR THE MINING OF PREVIOUSLY SUBSTANDARD URANIUM DEPOSITS

¹Sanakulov K., Chairman of the Board - General Director, Doctor of Technical Sciences, Professor.

²Alikulov Sh.Sh., Head of Department, Doctor of Technical Sciences.

³Ibragimov R.R., applicant.

⁴Khalimov I.U., Head of Department, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences.

¹JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company». Navoi, Uzbekistan.

²Navoi State University of Mining and Technologies. Navoi, Uzbekistan.

The investigation consisted of geophysical studies in process boreholes, systematisation and analysis of geological and geotechnological conditions and the main factors during the operation of process blocks contributing to the formation of stagnant zones with residual reserves and the formation of technogenic uranium accumulations. A method for forecasting and assessment (standard methodology) of technogenic ore to increase the mineral resource base of uranium deposits is proposed.

The problem of residual uranium in technological blocks that have been depleted to contractual extraction or are close to it has become urgent in recent years for two reasons: the depletion of the resource base of a number of sites and the inability to replace it with new sites or deposits; low world prices for the final products of mining companies, which makes producers seek new and unconventional approaches to reducing production costs. In this regard, processing of technogenic and residual uranium in the already developed blocks of the deposit is one of the most relevant approaches to reduce production costs at the enterprise.

Keywords: in-situ leaching of uranium, low-grade ores, mining, deposits, crushing, formation deposits, uranium, ore excavation, transportation, milling, storage of off-balance uranium ores, tailings facilities.

Bibliographic list:

1. Beletsky V.I., Bogatkov L.K., Volkov, N.I. et al. Handbook of uranium geotechnology. Ed. Skorovarova D.I. – M.: Energoatomizdat, 1997. – 672 p.
2. Karakotskaya I.A. Mathematical model of mining the deposit by the method of borehole underground leaching. Dis. cand. physical mat. Sciences. – Yekaterinburg: Ural State University, 2006. – 143 p.
3. Instructions for underground borehole leaching of uranium. – Almaty, 2006. – 181 p.
4. Yazikov V.G., Legavko A.V. Features of conducting geophysical research in wells in the study and development of infiltration (hydrogenous) uranium deposits. – Tomsk: TPU Publishing House, 2012. – 12 p.
5. Temirkhanova R., Syzdykova M. Calculation of stem uranium reserves according to gamma-ray logging data in the GIK program // Journal «Industry Promyshlennost' Kazakhstana». – Almaty, 2015, pp. 79-80.
6. Khaikovich I.M. Sixteen lectures on geophysical methods of logging in uranium deposits intended for mining by in-situ leaching. – St. Petersburg, 2013. – 100 p.
7. Demekhov Yu.V. Fission Neutron Logging (FND-m) in the Exploration and Exploitation of Hydrogen Type Uranium Deposits. – Yekaterinburg, 2013. – 221 p.
8. Kozhakhmetov S.K., Poezhaev I.P. et al. Investigation of acidification // leaching by modeling methods of hydrodynamics and mass transfer. Actual problems of the uranium industry, VII IRPC. – Almaty, 2014, pp. 161-174.
9. Krainov R., Ryzhenko B.N., Shvets V.M. Groundwater Geochemistry: Theoretical, Applied and Ecological Aspects // Ros. acad. Sciences, Institute of Geochemistry and Analyst. chemistry them. V.I. Vernadsky. Rep. ed. N.P. Laverov. – M.: Nauka, 2004. – 676 p.
10. Navruzov T.Yu., Babaev V.K., Norboev A. Karimov I.A. Practice in the «re-» development of the reserves of the Sabysai deposit by the method of underground leaching. Gornyy vestnik Uzbekistana. – No. 1 (84). – Navoi, 2021. – 30 p.

НФ-630; НФ-1200М-03

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫЙ СТАНОК**



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ВРУБОВЫХ ПОЛОСТЕЙ ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ И РАЗРАБОТКА «ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАБОЙКИ» ВЗРЫВОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УКОРОЧЕННОГО ШПУРОВОГО ЗАРЯДА



Заиров Ш.Ш.,
профессор
кафедры «Горное дело» НГГТУ,
д.т.н.



Нутфуллоев Г.С.,
начальник
Учебно-методического отдела
филиала НИТУ «МИСиС»
(г. Алмалык), д.т.н., доц.



Кобилев Ш.Б.,
ассистент
кафедры «Горное дело»
Филиала НИТУ «МИСиС» (г. Алмалык)

Shpurlarni samarali portlatish imkonini beradigan sa'noat sharoitida vrubli bo'shliqlarni hosil qilish uchun qo'shimcha qisqartirilgan shpuri zaryadlarni portlatish bilan «samarali zaboyka» ishlab chiqilgan. Qo'shimcha qisqartirilgan shpuri zaryadlarni portlatish bilan zaboykani hosil bo'lish jarayonining qonuniyatlari o'rnatilgan va bu ikkita zonadan tashkil topgan – buzilmagan siljigan shpurlararo ustunlar va maydalangan bo'lakchalarga ajratilgan tog' jinslari. Olib borilgan tadqiqotlar «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ Qovuldi konida konturli portlatish yordamida kon laximlarini o'tish ishlarini bajarish usulini ishlab chiqish imkonini bergan.

Tayanch iboralar: *burg'ilash va portlatish ishlari, yer osti kon laximlari, kontur portlatish, qisqartirilgan shpur zaryadlari, «samarali zaboyka», shpurni chuqurlashtirish, maydalash zonasi, shpurlararo ustun, portlatish va kompensatsiya shpurlari orasidagi masofa.*

Разработана «эффективная забойка» взрывом дополнительного укороченного шпурового заряда для образования врубовых полостей в промышленных условиях, позволяющая увеличить прострелку шпуров. Установлены закономерности процесса образования забойки взрывом дополнительного укороченного шпурового заряда, состоящей из двух зон: неразрушенного сдвинутого межшпурового целика и мелкодисперсной дробленой породы. Проведенные исследования позволили разработать методику проходки выработок с применением контурного взрывания для условий рудника Каульды АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

Ключевые слова: *буровзрывные работы, подземные горные выработки, контурное взрывание, укороченный шпуровой заряд, «эффективная забойка», прострелка шпуров, зона дробления, межшпуровой целик, расстояние между взрывным и компенсационным шпурами.*

Для увеличения темпов и эффективности развития горнодобывающих производств совершенствуются взрывные технологии на открытых и подземных горных работах. На современном этапе развития буровзрывных работ (БВР) в подземных горных работах применяются высокопроизводительная буровая техника и инструменты, внедряются новые методы и технологии проектирования БВР и процессов, создаются эффективные механизмы внедрения инновационных достижений в практику, а также широко внедряются в производство энерго- и ресурсосберегающие технологии.

В условиях рудника Каульды АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» проведены исследования процесса пробивания целика взрывом заряда в соседнюю компенсационную полость, задачей которых было изучение образования трещин вокруг взрываемого и компенсационного шпуров в горной породе и сопоставление полученных результатов взрывов с теоретическими расчётами.

В настоящее время на руднике Каульды вскрыты и обрабатываются два участка: Центральный и Южный.

Участок Центральный вскрыт до горизонта +795 м. Верхняя отметка +930 м. Во вскрытии участвуют выработки: штольня № 1, штольня № 3 и транспортный уклон. Очистные работы в соответствии с утвержденным планом горных работ ведутся по рудному

телу № 2 в блоках IV-C1. Запасы верхних горизонтов штолен № 2, № 4 и № 5 отработаны ранее. Частично запасы отработаны карьером. В 2021 г. произведено погашение надштрекового целика по штреку № 1 штольни № 2 на отметке горизонта +1010 м [1, 2].

Средние значения коэффициентов крепости по шкале проф. Протодьяконова М.М. для руды составляют $f = 12-13$, в окварцованных зонах увеличиваются до $f = 15-20$.

В ходе исследований пробуривались комплекты из двух шпуров: взрываемого и компенсационного. Расстояние между комплектами исключало их взаимное влияние друг на друга в момент взрыва. Глубина шпуров в комплекте составляла 2 м. Диаметр взрываемого шпура равен 42 мм, а диаметр компенсационного – 42 и 60 мм. Взрывные шпуры заряжались патронами из аммонита № 6ЖВ с Ø 36 мм.

После взрыва зарядов изучалась форма образовавшихся трещин, измерялся азимутальный угол между трещинами, образующимися сдвиговыми площадками, радиус зоны мелкодисперсного дробления и фиксировались случаи возникновения запрессовки компенсационной полости. Результаты этих измерений представлены в табл. 1.

Вокруг взрываемого шпура формировалась зона мелкодисперсного дробления радиусом ρ , зона радиальных трещин ρ_0 . При этом

установлено, что количество радиальных магистральных трещин практически одинаково как при взрывах с рядом расположенной компенсационной полостью, так и без неё и составляло 24-28 шт. Трещины приобретали дугообразную форму, образуя площадки сдвига, по которым происходило смещение целика в сторону компенсационной полости.

Также изучены структура и закономерности образования запрессовки горной массы при процессе пробивания. Для этого проводились измерения полости, образовавшейся в результате смещения целика, и его визуальный осмотр. Результаты этих исследований представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Визуальный осмотр взорванных комплектов шпуров показал, что запрессованная порода структурно неоднородна и состоит из контрастно различающихся двух зон: зоны малонарушенного сдвинутого межшпурового целика и мелкокораздробленной зоны, зажатой сдвинутым целиком породы (рис. 2).

При этом плотность последней уменьшалась по мере приближения компенсационного шпура к взрываемому (рис. 2), а ширина этой зоны $\rho_{мс}$ увеличивалась. Для измерения плотности мелкокораздробленного слоя использовался тонкостенный шлямбур из нержавеющей стали. Шлямбур забивался в этот слой и извлекался обратно вместе с керном.

Результаты исследований

Таблица 1

Глубина шпуров в комплексе, l (м)	Диаметр шпуров		Диаметр зоны мелкодисперсного дробления, ν (м)	Расстояние между шпурами, a (м)	Относительная плотность, ρ	Относительное расстояние между шпурами, $d/a_{пр}$	Ширина образовавшейся полости, ν (м)	Плотность мелкокораздробленного прессованного слоя, $\rho_{мс}$ (кг/м ³)
	компенсационного, d_k (м)	взрывного, d_w (м)						
1,8	0,042	0,042	0,051	0,170	0,91	0,56	0,073	2,73
1,8	0,042	0,042	0,049	0,210	0,90	0,70	0,076	2,70
1,8	0,042	0,042	0,049	0,230	0,89	0,76	0,069	2,67
1,8	0,042	0,042	0,051	0,245	0,82	0,81	0,068	2,25
1,8	0,042	0,042	0,050	0,250	0,75	0,83	0,064	2,16
1,8	0,042	0,042	0,051	0,105	0,98	0,32	0,082	2,95
1,8	0,042	0,042	0,051	0,130	0,96	0,43	0,078	2,89
1,8	0,042	0,042	0,050	0,300	—	1,00	0,060	Пробивание не произошло
1,8	0,060	0,042	0,051	0,110	—	0,34	0,165	Порода не запрессовалась
1,8	0,042	0,042	0,050	0,150	0,93	0,50	0,078	2,79
1,8	0,042	0,042	0,050	0,280	0,71	0,93	0,067	2,08
1,8	0,060	0,042	0,049	0,220	0,85	0,69	0,080	2,44
1,8	0,060	0,042	0,051	0,260	0,80	0,81	0,075	2,19
1,8	0,060	0,042	0,051	0,320	—	1,00	0,061	—
1,8	0,060	0,042	0,052	0,130	—	0,40	0,187	—
1,8	0,060	0,042	0,051	0,160	0,90	0,50	0,092	2,90
1,8	0,060	0,042	0,051	0,190	0,88	0,60	0,081	2,82

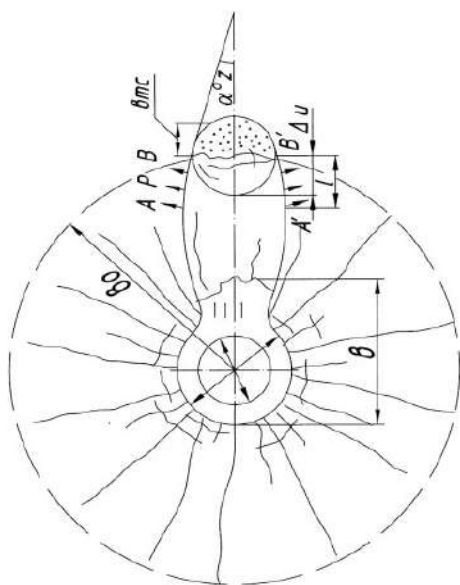


Рис. 1. Схема разрушения породы вокруг взорванного шпура при наличии в зоне радиального трещинообразования незаряженного шпура

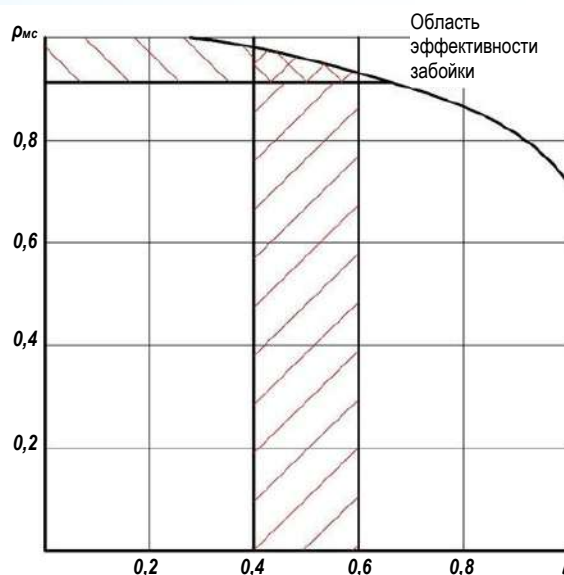


Рис. 2. Зависимость плотности запрессованного слоя мелкокораздробленной породы от расстояния между взрываемым и компенсационным шпурами

По отношению массы керна к объёму образовавшейся лунки определялась плотность слоя $\rho_{мс}$.

Проведённые исследования позволили раскрыть причину плотного сцепления запрессованной породы с массивом. Это сцепление является следствием смещения мелкошпурового целика в момент поршневого действия взрыва в сторону компенсационной полости по дугообразным площадкам скольжения, образованным описанными выше трещинами [3, 4]. В момент такого движения межшпуровой целик деформируется и в нём возникают напряжения, направленные перпендикулярно площадкам скольжения.

В работе [5] предложен расчёт параметров забойки из условия равенства силы, при которой происходит разрушение (смещение) взрывной породной забойки, и силы, необходимой для разрушения целика, отделяемого основной шпуровой заряд от полости, образованный взрывным компенсационным шпуром.

Однако при расчёте не учитывался тот факт, что забойка неоднородна, неравнопрочна и состоит из двух зон. Причём зона мелко-раздробленной зажатой породы при плотности $\rho_{мс} < 0,9 \rho_n$ легко разрушается (рис. 2). Кроме того, при формировании врубов из 3-4 комплектов шпуров часть забойки разрушается. По исследованиям [6] для двухъярусного призматического вруба перед взрывом основных зарядов она не превышает 0,3 м.

На основании полученных данных рассчитаны оптимальные расстояния между компенсационным и взрывным шпуром для пород разной крепости, которые представлены в табл. 2.

На основании проведённых экспериментов (табл. 2) также удалось установить, что при расстоянии между шпурами a меньших $0,2+0,3 a_{пр}$ запрессовка компенсационного не происходит.

Таким образом, в тех случаях, когда предполагается проведение БВР с применением компенсационных шпуров, близких к диаметру взрываемых, расстояние между ними должно находиться в установленных пределах.

Это утверждение наглядно иллюстрирует рис. 3, где изображена зависимость ширины образовавшейся полости от расстояния между взрывным и компенсационным шпурами, полученная по опытным взрывам в условиях рудника Каульды и расчётным путём для тех же пород.

Преждевременное истечение газов из взрываемого шпура значительно снижает эффективность разрушения, поэтому применение забоек различных конструкций позволяет увеличить полезную разрушающую работу взрыва. Причём наиболее приемлемой и эффективной для образования врубовых полостей является забойка, образованная взрывом дополнительного шпурового заряда. Кроме того, исследования показали, что область оптимальных расстояний между дополнительным и основным шпуром, при которых образуется эффективная забойка, достаточно узка.

В производственных условиях, где в горном массиве имеет место частая

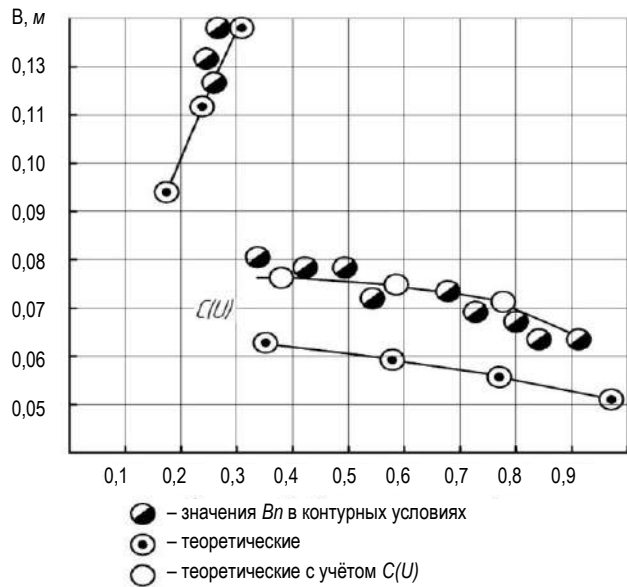


Рис. 3. Зависимость ширины образовавшейся полости от расстояния между взрывным и компенсационным шпуром

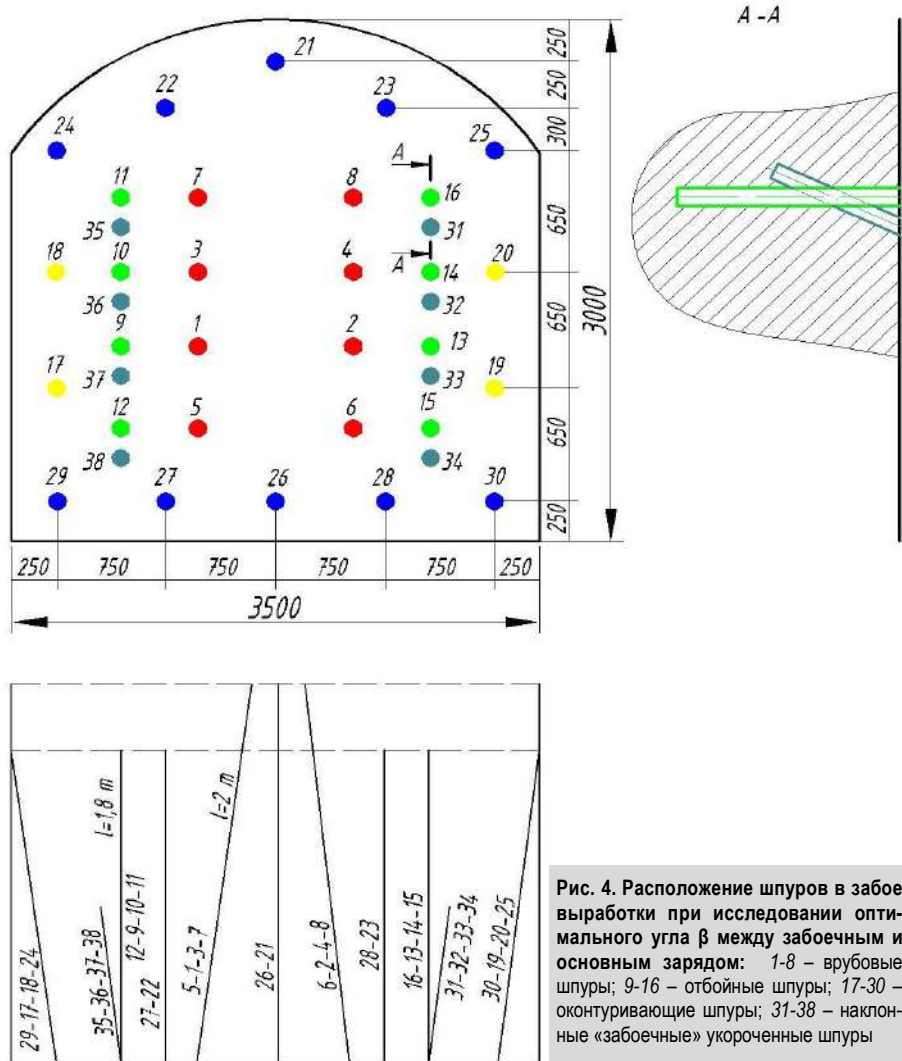


Рис. 4. Расположение шпуров в забое выработки при исследовании оптимального угла β между забоечным и основным зарядом: 1-8 – врубовые шпуры; 9-16 – отбойные шпуры; 17-30 – оконтуривающие шпуры; 31-38 – наклонные «забоекные» укороченные шпуры

Таблица 2

Оптимальные расстояния между компенсационными и взрывным шпурами

Тип ВВ	Крепость пород	Коэффициент прострелки шпутового заряда	Пределы расстояния между компенсационным и основным шпуrom для надежной взрывной забойки, см	
			минимальное	максимальное
			Аммонит № 6ЖВ	6-8
9-10	1,90	4,00		6,1
11-12	1,50	3,60		5,4
13-14	1,25	3,00		4,2
15-16	1,13	2,70		4,0
17-18	1,10	2,65		3,9

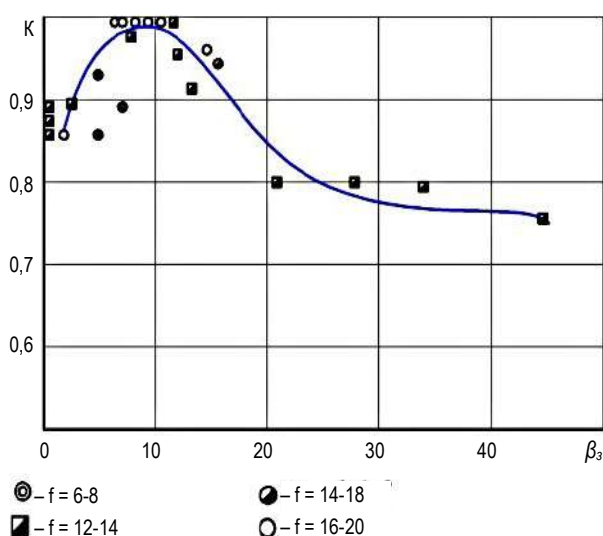


Рис. 5. Зависимость коэффициента прострелки основного шпутового заряда от угла наклона к направлению забоечного шпура

сменяемость пород, не всегда удаётся оперативно изменить паспорта БВР, ввиду чего эффективность врубов и технико-экономические показатели проходки снижаются.

Вторым недостатком такой забойки является то, что, находясь в напряжённом состоянии и обладая плотностью ρ_3 , близкой к плотности породы, она имеет высокую акустическую жёсткость и подвержена разрушению контактирующей с ней ВВ основного заряда уже на первых этапах взрыва. Поэтому встала задача усовершенствования этой забойки и придания ей большей универсальности. Установлено, что свойства забойки зависят от расстояния между шпурами a .

На основании этого апробирована новая конструкция взрывной забойки, образуемая взрывом наклонного шпура, ось которого с осью взрывающего шпура образует две непересекающиеся скрещивающиеся кривые (рис. 4).

В ходе экспериментов определялся угол наклона между направлениями забоечного и основного шпуров, при котором эффект разрушения был бы максимальным. В ходе эксперимен-

Таблица 3

Угол наклона забоечного шпура, β (град.)	Диаметр основного шпура, мм		Глубина шпуров		Прострелка шпура, K
	до взрыва	после взрыва	забоечного, м	основного, м	
0	42	77	1	1	2
0	42	78	1	1	2
2	42	79	1	1	2
8	42	84	1	1	2
8	42	86	1	1	2
12	42	86	1	1	2
13	42	81	1	1	2
15	42	82	1	1	2
20	42	76	1	1	2
26	42	70	1	1	2
32	42	72	1	1	2
34	42	68	1	1	2
45	42	66	1	1	2

тов устанавливалась зависимость эффективности работы основного шпутового заряда (оценочным показателем являлся коэффициент прострелки шпура $K_{пр}$) от угла наклона забоечного шпура к основному β_3 .

Для установления этой закономерности ручным перфоратором забуривались комплекты из 2-х шпуров: забоечного, глубиной 1 м и основного, глубиной 2 м, шпуров. Угол между осями шпуров в комплектах изменялся от 0 до 45°. Расстояние между осями шпуров в месте пересечения их направлений составляло 3 диаметра шпура $d_{ш}$. Диаметр шпуров в комплекте был равен 42 мм.

Расстояние между комплектами исключало их взаимное влияние друг на друга. Шпуры заряжались патронированным аммонитом № 6ЖВ диаметром 36 мм. Забоечный шпур незаряжался на 0,4 м, а основной шпур – на 1 м.

После взрыва комплектов замерялся диаметр полости от основных зарядов и определялся $K_{пр}$.

Результаты взрывов приведены в табл. 3. Результаты этого опыта, приведенные на рис. 3, показывают, что наиболее эффективную разрушающую работу заряд производит при углах забоечного шпура 8-12°. При дальнейшем увеличении угла β_3 длина забойки, образованная коротким шпуrom, уменьшается, и, соответственно, уменьшается эффект взрывного разрушения породы.

При апробации разработанной забойки получены результаты, подтверждающие эффективность забойки, образованной взрывом наклонного забоечного шпура, пробуренного под углом 8-12°.

Сопоставляя полученные результаты, представленные в табл. 3 и на рис. 5, становится очевидным, что разработанная забойка увеличивает прострелку шпуров на 70-80%, а по сравнению с забойкой, образованной взрывом параллельного шпура, на 12-20%.

Таким образом, разработана «эффективная забойка» взрывом дополнительного укороченного шпутового заряда для образования врубовых полостей в промышленных условиях, позволяющая увеличить прострелку шпуров и установлены закономерности процесса образования забойки взрывом дополнительного укороченного шпутового заряда, состоящей из двух зон – неразрушенного сдвинутого межшпутового целика и мелкодисперсной дроблённой породы.

Библиографический список:

1. Касимов М.А., Бердиева Д.Х. Выбор оптимального варианта системы разработки на руднике Каульды // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – Volume 1. – Issue 6. ISSN 2181-1784. – С. 235-239.

2. Дунин-Барковская Э.А., Ким М.А., Мухамеджанов Д.В., Хабидуллаева Г.Р. Редкоземельная минерализация месторождений в терригенно-черносланцевых породах Кызылкумов: генетические и практические аспекты // *Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане»*. – Т.: ТГТУ, 2013. – С. 100-102.
3. А.С. по заявке №4322345103 МКИ Е 21 С 37/11. Способ взрывания при проходке восстающих выработок // Кутузов Б.Н., Крюков Г.М., Русаков В.Л. и др. – №1/9 от 24.05.88 г. – 8 с.
4. А.С. по заявке №4600022/03 МКИ Е 21 Д 9/00. Способ проходки горных выработок // Крюков Г.М., Русаков В.Л., Данилин О.П. и др. – №1/9 от 24.05.88 г. – 8 с.
5. Демидюк Г.П., Везутин В.Д. Эффективность взрыва при проведении выработок. – М.: Недра, 1973. – С. 126-145.
6. Данилин О.П., Дерзян А.С., Швец А.А. и др. Опыт применения ярусного вруба на проходке горизонтальных выработок // *Информационный листок НИГРИ. – Кривой Рог, 1963. – № 16. – С. 2.*

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 1 (92) pp. 21-25

INVESTIGATION OF THE FORMATION OF CAVITIES DURING DRILLING AND BLASTING OPERATIONS IN UNDERGROUND EXCAVATIONS AND THE DEVELOPMENT OF AN «EFFECTIVE BACKFILL» WITH AN ADDITIONAL SHORTENED BOREHOLE CHARGE

¹Zairov Sh.Sh., Professor of the Mining Department, Doctor of Technical Sciences. E-mail: sher-z@mail.ru.

²Nutfulloev G.S., Head of the Educational and Methodological Department, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

³Kobilov Sh.B., Assistant of the Mining Department.

¹Navoi State Mining and Technology University. Navoi, Uzbekistan.

²NUST MISIS Branch. Almalyk, Uzbekistan.

An «efficient backfill» by explosion of an additional shortened borehole charge for the formation of felling cavities under industrial conditions, allowing to increase the borehole penetration, has been developed. The principles of the process of blasting the additional shortened borehole charge consisting of two zones - undestroyed shifted interburst pillar and finely dispersed crushed rock – have been established. Conducted studies have allowed developing a technique of excavation with the use of contour blasting for conditions of the mine Kauldy of JSC «Almalyksky mining-metallurgical combine».

Keywords: drilling and blasting operations, underground mines, contour blasting, shortened blast charge, «effective backfill», borehole penetration, crushing zone, inter-borehole target, distance between blast and compensation boreholes.

Bibliographic list:

1. Kasimov M.A., Berdieva D.Kh. Selection of the optimal development system option at the Kauldy mine // *Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – Volume 1. – Issue 6. ISSN 2181-1784, pp. 235-239.*
2. Dunin-Barkovskaya E.A., Kim M.A., Mukhamedzhanov D.V., Khabibullaeva G.R. Rare-earth mineralization of deposits in terrigenous-black-shale rocks of the Kyzylkum: genetic and practical aspects // *Proceedings of the Republican scientific and technical conference on the topic: «Problems, development and innovative areas of geological sciences in Uzbekistan»*. – Т.: ТГТУ, 2013, pp. 100-102.
3. A.S. according to application No. 4322345103 МКИ Е 21 С 37/11. The method of blasting during the driving of rising workings // Kutuzov B.N., Kryukov G.M., Rusakov V.L. et al. – No. 1/9 dated 05.24.88. – 8 p.
4. A.S. according to application No. 4600022/03 МКИ Е 21 Д 9/00. Mining tunneling method // Kryukov G.M., Rusakov V.L., Danilin O.P. et al. – No. 1/9 dated May 24, 1988. – 8 p.
5. Demidyuk G.P., Vezutin V.D. Efficiency of explosion during workings. – М.: Nedra, 1973, pp. 126-145.
6. Danilin O.P., Derzyan A.S., Shvets A.A. and others. Experience in the use of a longline cut in the sinking of horizontal workings // *NIGRI information leaflet. – Krivoy Rog, 1963. – No. 16. – 2 p.*

ДАЙКИ ОЛИВИНОВЫХ ЛАМПРОФИРОВ В ГРАНИТОИДАХ ЗИРАБУЛАКСКОГО ИНТРУЗИВА: СОСТАВ И ПРИРОДА (ЮЖНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)



Ишбаев Х.Д.,
главный научный сотрудник
лаборатории петрологии
Института геологии и геофизики
им. Х.М. Абдуллаева УГН
Госкомгеологии РУз.,
д.г.-м.н., профессор



Курбанов А.А.,
старший научный сотрудник
лаборатории петрологии
Института геологии и геофизики
им. Х.М. Абдуллаева УГН
Госкомгеологии РУз.



Утамурадов Э.А.,
базовый докторант
Института геологии и геофизики
им. Х.М. Абдуллаева УГН
Госкомгеологии РУз.



Ким М.А.,
старший научный сотрудник
Института геологии и геофизики
им. Х.М. Абдуллаева
УГН Госкомгеологии РУз.

Maqolada Zirabuloq intruziyasining granitoidlaridagi olivin lamprofirilari (odinitlar) diklari tavsiflanadi. Ular turli qalinlikdagi (20 sm dan 1,8 m gacha) olivin, titanaugit va shoxli fenokristallar (40-60%) bilan lamprofir tuzilishi bilan ajralib turadigan bir qator sublatitudinal to'g'onlarni hosil qiladi. Tuproq massasi prizmatik donador bo'lib, plagioklaz va rangli minerallardan iborat. Sulfidli minerallar – pirrotit, xalkopirit va piritning mavjudligi xarakterlidir. Diklar seziy, molibden, gafniy, kumush, ayniqsa mishyak, selen, vismut uchun ixtisoslashgan. Ular me'yoriy gipersten-korund bo'lib, subkrustal magma kamerasidan hosil bo'ladi.

Tayanch iboralar: *dayka, olivinli lamprofir, odinit, lamprofir tuzilish, olivin, plagioklaz, titanaugit, rogovaya obmanka, sulfidli mineralar, asosiy massa, magmatik o'choq.*

В статье охарактеризованы дайки оливиновых лампрофиров (одинитов) в гранитоидах Зирабулакского интрузива. Они образуют серии даек различной мощности (от 20 см до 1,8 м) субширотного простирания, характеризующейся лампрофировой структурой с наличием вкрапленников (40-60%) оливина, титанавгита и роговой обманки. Основная масса призматическзернистая и состоит из плагиоклаза и цветных минералов. Характерны наличие сульфидных минералов – пирротина, халькопирита и пирита. Дайки специализированы на цезий, молибден, гафний, серебро, особенно мышьяк, селен, висмут. Они являются гиперстен-корунд нормативными и образовались из подкорового магматического очага.

Ключевые слова: *дайка, лампрофир оливиновый, одинит, лампрофировая структура, оливин, плагиоклаз, титанавгит, роговая обманка, сульфидные минералы, основная масса, магматический очаг.*

Дайки оливиновых лампрофиров находятся в левом притоке верховьев р. Каттасай Зирабулакского интрузива, где образуют серии маломощных даек (на 70 м 8 шт.) среди биотитовых гранитов Зирабулакского плутона (рис. 1), широтного простирания (270-275°) мощностью от 20 см до 1,8 м, крутого падения (80-90°). Местами наблюдаются прожилки (0,3-0,5 см) поздней порции лампрофирового расплава, тонкозернистой структуры, того же состава ранних даек. Внешне это темно-серые, черные с зеленоватым оттенком породы местами с шаровой отдельностью размером до 35 см в поперечнике. Оливиновым лампрофиром свойственна мелкозернистая, лампрофировая структура, обусловленная наличием вкрапленников, которые представлены только темноцветными минералами – оливином, клинопироксеном, амфиболом. Вкрапленники погружены в хорошо раскристаллизованную полнокристаллическую призматически-зернистую основную массу (40-50%), состоящую из войлоков плагиоклаза, биотита и тех же темноцветных минералов, которые встречаются во вкрапленниках. Значительное содержание темноцветных минералов, количество которых варьирует в породах от 40 до 60% всего объема – характерная особенность лампрофиров.

Количественно-минералогический состав пород (ср. по 3 шлифам) следующий: плагиоклаз – 45-50%; амфибол – 20-23%; пироксен – 17-20%; оливин – 13-15%; рудные минералы – 1-3%. Оливин встречается во вкрапленниках и зерна его отличаются большим идиоморфизмом по отношению к другим темноцветным минералам.

Они полностью замещены вторичным бесцветным слюдоподобным тальком (рис. 1). Клинопироксен образует короткопризматические зерна, иногда округлые с характерными гранями, с хорошей спайностью. Он замещается хлоритом и по составу соответствует субкальциевому титанавгиту (табл. 1, рис. 1ж, и). Амфибол представлен коричневой разновидностью. Состав его варьирует в зависимости от состава ассоциирующих с ним минералов. В парагенезисе с оливином амфибол более богат магнием, чем железом, и относится к переходному типу роговой обманки (табл. 1, рис. 1). Биотит во вкрапленниках редок, в основной массе образует своеобразные зерна, среди которых есть первично магматические, характеризующиеся высокой титанистостью и магниевости (табл. 1). Плагиоклаз встречается в нескольких генерациях, первичные представлены лабрадором, андезином, часть их альбитизирована (см. табл. 1).

В значительных количествах присутствуют акцессорные минералы (табл. 1., рис. 1). Рутил представлен сагенимом, который наиболее широко распространен среди акцессориев. Изоморфные примеси: Al, Mn, Mg, K, V. Кристаллы призматические, столбчатые, до игольчатых (рис. 1к), двойники колеччатые.

Сагеним – сетчатые сростки игольчатых кристаллов, находящихся в двойниковом взаимном положении. Часто кристаллы рутила уплощены или изогнуты, вросшие скелетные кристаллы и пластинки. Ильменит образует в основной массе игольчатые зерна с повышенным содержанием марганца до 1,37 и ванадия 0,5% (табл. 1, рис. 1 и). В некоторых зернах в химическом составе появ-

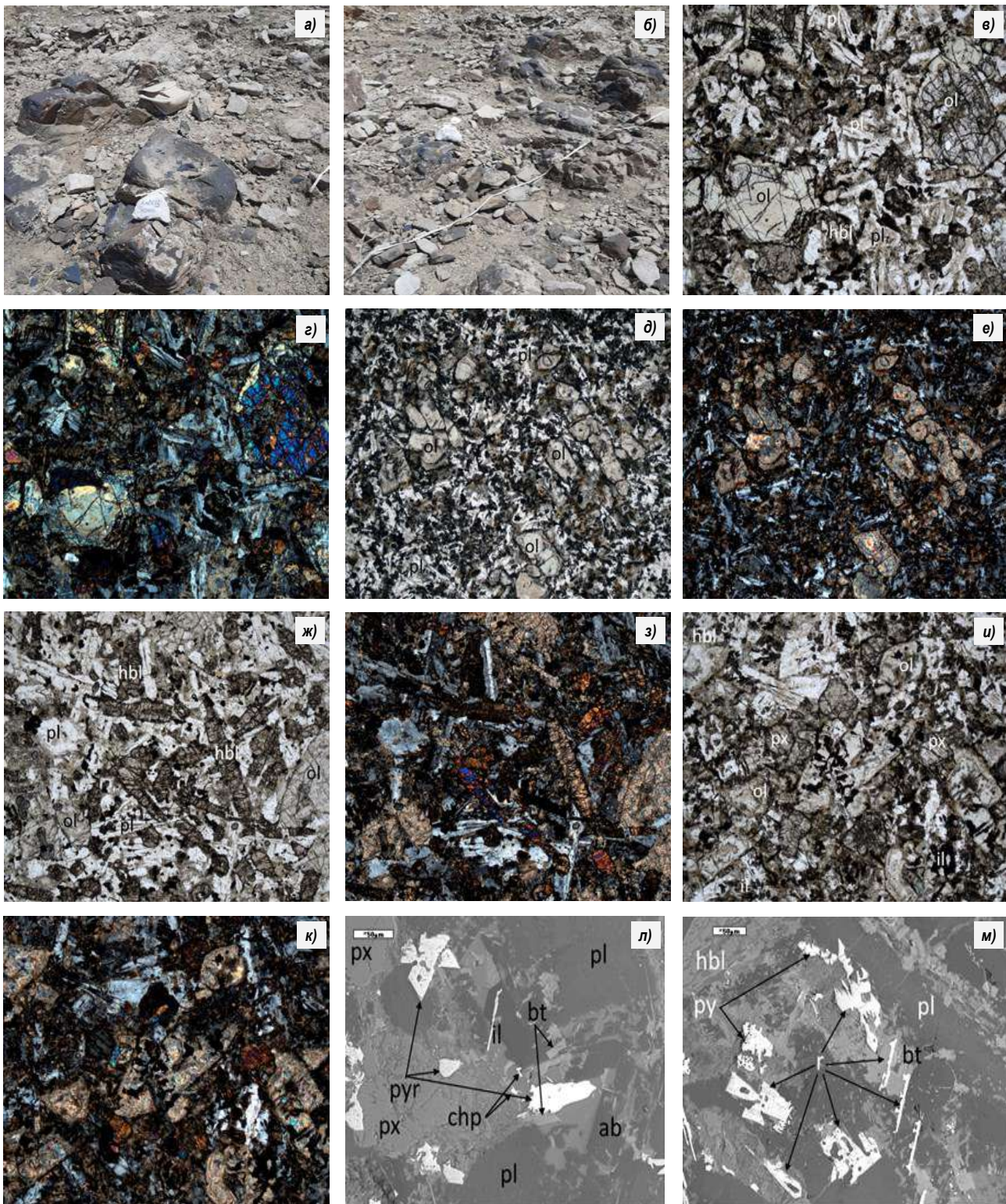


Рис. 1. Дайки оливиновых лампрофиров из левого притока верховьев Каттасая, Зирабулакский интрузив. Микрофотографии шлифов из оливиновых лампрофиров: а, б – порфировая структура, во вкрапленниках оливин, роговая обманка, основная масса сложена плагиоклазом, роговой обманкой, биотитом; в, г – крупные порфиробласты разложившегося оливина окаймленного призматическизернистой основной массой; д, е – центральная часть дайки, вкрапленники оливина и удлиненно-призматические зерна роговой обманки (баркевикита) и плагиоклаза; ж, з – разложившийся оливин, изменённая роговая обманка и пироксен; и, к – состав основной массы, снят на микроанализаторе «Jeol-8800Rh», Япония. Оператор Ким М.А. Микрофотографии шлифов сняты под микроскопом Nikon ECLIPSE LV100NPOL с анализатором и без (увеличение 40х)

Таблица 1

Химический состав породообразующих минералов даек оливиновых лампрофиров Каттасая (Зирабулакский интрузив)

Оксид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	49,91	48,59	49,51	47,82	54,76	55,00	61,13	68,32	38,01	38,45	39,96	38,41	40,27	48,61	48,37
TiO ₂	1,19	1,91	1,35	1,91	–	–	–	–	1,51	4,37	1,37	2,72	–	2,37	2,22
Al ₂ O ₃	4,25	5,75	5,21	6,06	28,37	28,63	24,40	19,77	9,88	11,29	9,49	10,32	10,40	5,54	5,61
Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	0,88	0,79	0,45	0,82	–	–	–	–	–	–	–
FeO	9,59	8,15	7,61	8,21	–	–	–	–	27,10	18,62	27,36	27,33	20,46	12,43	10,86
MnO	0,32	0,18	–	0,16	–	–	–	–	0,16	0,21	0,20	0,31	–	0,23	0,22
MgO	14,30	13,37	14,96	13,62	–	–	–	–	8,06	12,60	8,94	7,53	16,50	12,17	13,40
CaO	18,42	20,01	19,18	19,34	10,51	10,67	6,25	0,79	0,15	–	0,24	0,50	0,19	19,14	19,03
Na ₂ O	–	–	–	–	5,49	5,45	6,76	10,01	–	–	–	–	–	–	–
K ₂ O	–	–	–	–	0,29	0,29	0,56	0,25	8,63	9,51	8,65	9,14	3,52	0,09	0,04
Cr ₂ O ₃	–	0,39	0,74	0,46	–	–	–	–	–	–	–	0,08	–	–	–
V ₂ O ₅	–	–	0,15	0,20	–	–	–	–	–	–	–	0,03	–	0,17	0,18
Σ	97,98	98,35	98,70	97,78	100,31	100,84	99,55	99,96	93,50	95,06	96,22	96,24	91,34	100,74	99,94
Оксид	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO ₂	51,90	–	–	10,32	0,21	52,29	52,51	53,85	49,79	6,25	4,04	1,95	–	–	0,29
TiO ₂	1,02	–	–	23,70	16,64	1,45	0,28	–	–	–	21,51	47,82	–	–	15,31
Al ₂ O ₃	3,03	–	–	1,00	0,78	1,62	2,39	–	–	–	–	–	–	–	1,28
Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	87,55	1,12	–	–	–	–
FeO	10,81	5,40	2,27	54,41	70,62	15,87	15,84	7,02	8,19	–	64,41	47,55	1,73	5,40	76,27
MnO	0,30	0,86	1,34	0,91	0,64	–	–	–	–	–	0,76	1,37	1,03	0,86	0,62
MgO	15,71	2,95	0,46	1,74	0,11	16,75	17,92	26,12	25,04	2,51	–	–	0,28	2,95	–
CaO	17,12	44,06	52,26	–	–	1,93	0,26	–	–	–	0,61	0,23	53,73	44,06	–
K ₂ O	0,02	–	–	0,23	0,07	0,40	0,15	–	–	–	–	–	–	–	–
V ₂ O ₅	0,09	–	–	0,46	0,56	–	–	–	–	–	0,62	0,59	–	–	0,63
Σ	100,00	53,27	56,32	92,76	89,62	90,31	89,35	86,99	83,01	96,31	93,07	99,52	56,77	53,27	94,40

Примечание: 1-4 – розовая обманка; 5-6 – плагиоклаз (лабрадор); 7 – андезин; 8 – альбит; 9-12 – биотит; 13 – сильно измененный биотит; 14-16 – пироксен (субкальциевый титанавгит); 17, 18 – кальцит; 19, 20 – рутил разложенный; 21-24 – хлорит по розовой обманке; 25 – гидротит; 26, 27 – шльменит; 28, 29 – кальцит; 30 – титаномagnetит

Таблица 2

Химический состав сульфидных минералов даек оливиновых лампрофиров Каттасая, Зирабулакский интрузив (К-219/5)

Элементы	1	2	3	4
S	39,39	39,46	39,16	36,16
Fe	60,12	60,21	60,17	29,08
Co	0,29	0,41	0,36	–
Ni	0,17	0,04	0,15	–
Cu	0,05	–	–	32,64
Zn	–	–	–	2,05
Σ	100,00	100,00	100,00	99,94

ляется незначительное содержание кремния, алюминия, кальция, что свидетельствует о наличии микровключений вторичных минералов в них (табл. 1). Пирротин образует неправильно-призматические и клиновидные зерна (табл. 2, рис. 1) с примесью Co, Ni и Cu. Халькопирит образует очень мелкие призматические зерна в основной массе с примесью цинка (см. табл. 2). Пирит образует неправильные зерна (рис. 1).

Данные о химическом составе оливиновых лампрофиров представлены в табл. 3.

Характерными петрохимическими особенностями пород являются:

- 1) низкая кремне-кислотность и общая щёлочность;
- 2) низкая магнезиальность;
- 3) корунд-гиперстен нормативность и др.

Анализ химического состава показывает, что оливиновым лампрофиром Зирабулакского интрузива характерны высокое содержание SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO и они являются корунд-гиперстен нормативными (табл. 3).

Геохимические особенности пород даек выражаются в значительном присутствии сидерофильных элементов-примесей – хрома, никеля, кобальта и высоким значениями величин Ni/Co- и Cr/Ni-отношений, наряду с повышенными концентрациями редких щелочей – Li и др. (табл. 4).

Таблица 3

Химический состав даек оливиновых лампрофиров Каттасая (Зирабулакский интрузив)

Оксид	1	2	3	4
SiO ₂	48,7	46,3	46,2	45,2
TiO ₂	2,17	2,17	2,08	2,23
Al ₂ O ₃	12,9	14,1	14,0	14,6
Fe ₂ O ₃	3,33	3,11	2,87	3,63
FeO	9,43	9,36	9,22	9,07
MnO	0,18	0,17	0,16	0,17
MgO	7,50	7,50	7,40	6,90
CaO	7,10	7,10	6,90	7,80
Na ₂ O	2,12	2,07	2,04	2,15
K ₂ O	1,38	1,22	1,11	1,01
P ₂ O ₅	0,30	0,25	0,52	0,39
CO ₂	1,20	2,50	2,30	1,50
SO ₃	0,05	0,04	0,07	0,04
H ₂ O	0,40	0,50	0,30	0,60
П.п.п.	4,00	4,30	4,70	4,80
Σ	100,76	100,69	99,87	100,09
al'	0,64	0,71	0,72	0,74
f	22,43	22,14	21,57	21,83
Кф	62,98	62,44	62,03	64,80
Na ₂ O+K ₂ O	3,50	3,29	3,15	3,16
Na ₂ O/K ₂ O	1,54	1,70	1,84	2,13
Fe ₂ O ₃ /FeO	0,35	0,33	0,31	0,40
Кварц	4,88	5,88	7,26	2,66
Плагиоклаз	39,39	35,04	33,1	44,6
Ортоклаз	8,16	7,21	6,56	5,97
Корунд	–	2,91	3,56	0,25
Диопсид	3,17	–	–	–
Гиперстен	28,12	29,72	29,56	27,16
Шльменит	4,12	4,12	3,95	4,24
Магнетит	4,83	4,51	4,16	5,26
Апатит	0,70	0,58	1,20	0,90
Кальцит	2,73	5,69	5,23	3,41

Для выявления характера распределения малых и редкоземельных элементов (табл. 4) составлены спайдер-диаграммы (рис. 2), анализ которых показывает, что оливиновые лампрофиры Зирабулакского интрузива обогащены цезием, молибденом, гафнием, серебром, особенно мышьяком, селеном, висмутом (рис. 2) и легкими лантаноидами.

Анализ поведения радиоактивных элементов (уран и торий) в оливиновых лампрофирах показывает, что торий в них преобладает над ураном. На особый специфический состав пород указывают также данные величин Ni/Co- и Cr/Ni – отношений и содержания хрома и редких металлов (табл. 5). В оливиновых лампрофирах величина Ni/Co – отношения соответствует 2,98-3,10 (табл. 4), что

Таблица 4

Распределение малых элементов в оливиновых лампрофирах Каттасая Зирабулакского интрузива

№ пр.	Li	Be	B	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se
X-219/1	74	1,6	27	24	190	230	47	140	44	130	13	15	3,5
X-219/3	67	1,4	26	23	230	220	46	140	44	120	12	85	3,8
X-219/5	43	1,5	24	22	220	220	42	130	44	110	11	13	3,2
К/к	32	3,8	12	10	90	83	18	58	47	83	19	1,7	0,05
№ пр.	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	Cs
X-219/1	60	550	31	200	37	4,6	0,3	0,16	0,096	2,6	0,24	<0,30	21
X-219/3	52	550	29	190	36	4	0,3	0,16	0,1	3,4	0,33	<0,30	16
X-219/5	53	450	32	190	28	3,6	0,24	0,15	0,1	2,4	0,35	<0,30	25
К/к	150	340	29	170	20	1,1	0,07	0,13	0,25	2,5	0,5	0,001	3,7
№ пр.	Ba	Hf	Ta	W	Re	Au	Tl	Pb	Bi	Th	U	Ni/Co	Cr/Ni
X-219/1	380	4,2	2,3	0,66	<0,01	<0,05	0,42	9,3	0,071	5,2	1,8	2,98	1,64
X-219/3	330	4,2	2,2	0,63	<0,01	<0,05	0,41	10	0,13	5,0	1,8	3,04	1,57
X-219/5	230	4,2	1,7	0,6	<0,01	<0,05	0,43	5,5	0,095	4,4	1,4	3,10	1,70
К/к	650	1	2,5	1,3	0,0007	0,0043	1	16	0,009	13	2,5	3,22	1,43

Таблица 5

Распределение РЗЭ в оливиновых лампрофирах Каттасая Зирабулакского интрузива

№ пр.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	La/Yb	La/Ta	ΣРЗЭ
X-219/1	29,0	58,0	7,00	28,0	6,50	2,00	6,80	0,99	6,10	1,10	3,00	0,36	2,30	0,34	12,61	12,61	151,49
X-219/3	27,0	56,0	6,60	27,0	6,20	1,90	6,30	0,97	6,00	1,10	2,90	0,36	2,20	0,31	12,27	12,28	144,84
X-219/5	23,0	47,0	5,70	24,0	6,00	1,90	6,60	1,00	6,50	1,20	3,10	0,40	2,50	0,34	9,20	13,53	129,24
К/к	29	70	9	37	8	1,3	8	4,3	5	1,7	3,3	0,27	0,33	0,8	87,87	11,60	178

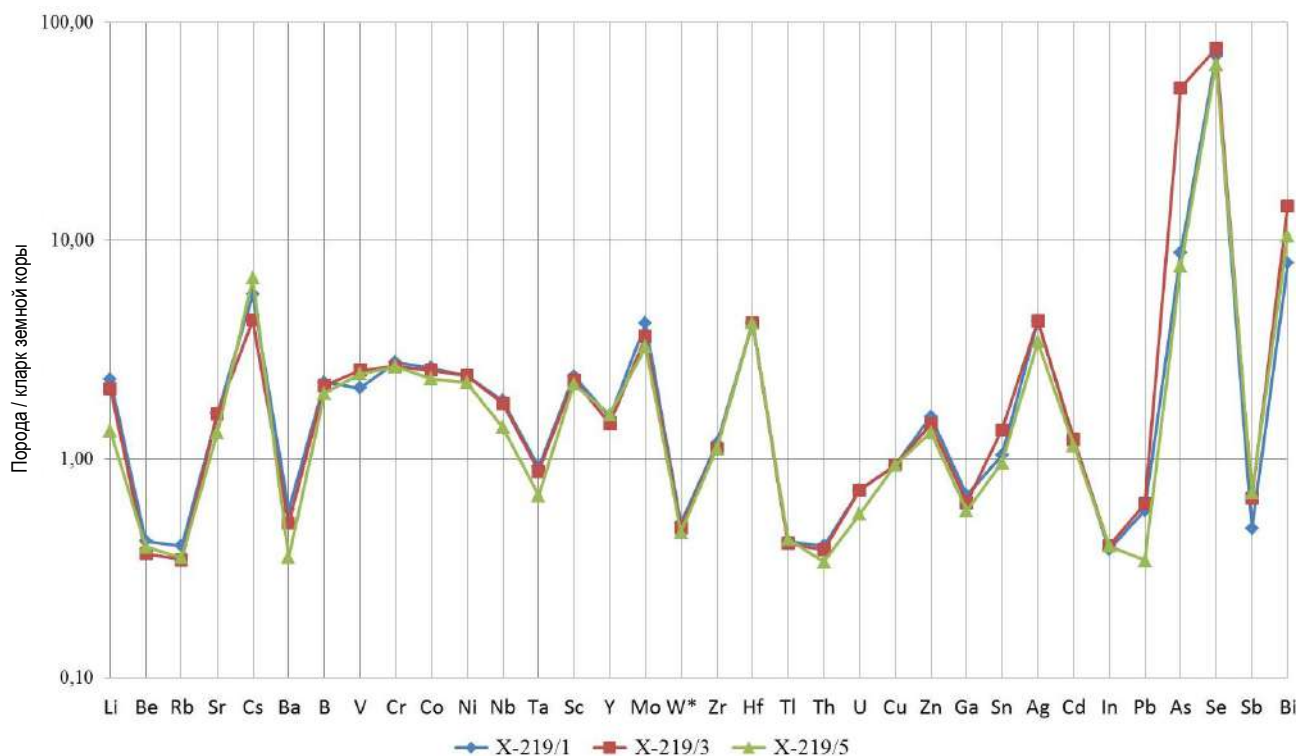


Рис. 2. Спайдер-диаграмма распределения малых элементов в оливиновых лампрофирах Каттасая Зирабулакского интрузива

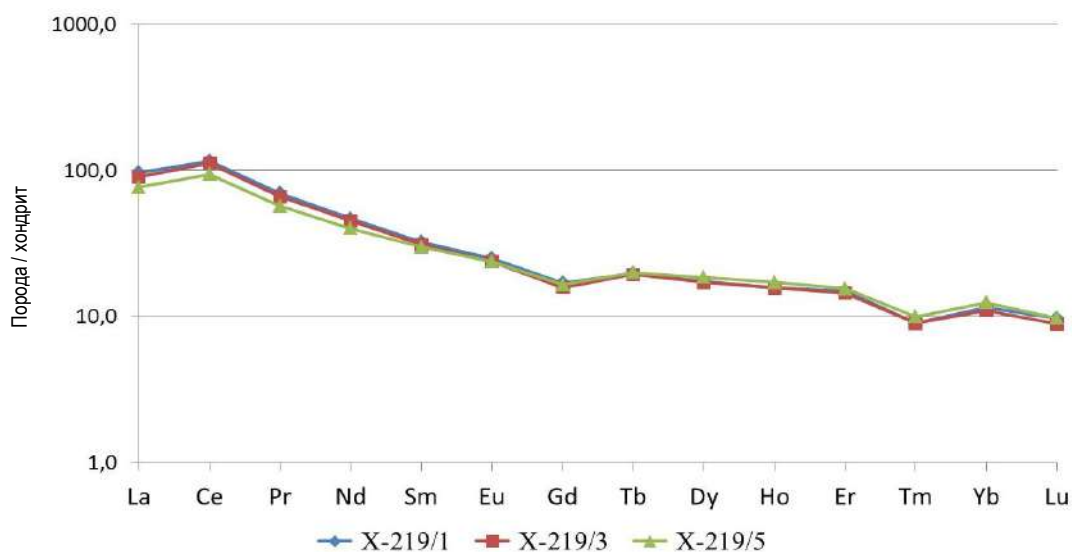


Рис. 3. Спайдер-диаграмма распределения РЗЭ в оливиновых лампрофирах Каттасая Зибулакского интрузива

является близким Ni / Co – отношению [15] в щелочных базальтах с нормативным нефелином.

Так, величина La / Ta отношения в породах находится в пределах 12,28-13,53, что свойственно обычно для континентальных внутриплитных обстановок [3, 6]. Отношения La / Yb (9,20-12,61) типичны для интрузивных пород окраинно-континентальных поясов.

На диаграмме (рис. 3) отчетливо видна обогащенность оливиновых лампрофинов легкими лантаноидами, что также отображает принадлежность пород к окраинно-континентальному типу с отсутствием явно выраженного европиевого минимума (рис. 3).

Слабый европиевый максимум, Ni / Co => 3 [15] и оливин + клинопироксен + амфибол + биотитовый парагенезис свидетельствуют о подкоровом происхождении оливиновых лампрофинов.

В целом, наличие плагиоклаза, оливина, титанавгита, низкая титанистость амфибола и отсутствие магнетитов (титаномангнетитов) и фельдшпатоидов в изученных породах даек приближает их к полевошпатовым оливиновым лампрофирам – типа одинитов, которые имеют большое металлогеническое значение, так как с ними ассоциирует золотое, редкометалльные и РЗЭ оруденение [8, 9].

Библиографический список:

1. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание третье, исправленное и дополненное. – Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
2. Мушкин И.В. Щелочные базальтоиды и лампрофиры верховьев р. Карабау (Южный склон Чаткальского хребта). – Ташкент, АН УзССР // Узб. геол. журн. – № 2. – Ташкент, 1966. – С. 28-36.
3. Rock N.M.S. The nature and origin of Ultramafic Lamprophyres: Alnoites and Allied Rocks // Journal of Petrology. Published by Oxford University Press (OUP), 1986. No. 27, pp. 155-196.
4. Awdankiewicz M. Late Palaeozoic lamprophyres and associated mafic subvolcanic rocks of the Sudetes (SW Poland): petrology, geochemistry and petrogenesis. – Poland: Geologia Sudetica, 2007. No. 39, pp. 11-97.
5. Borradaile G.J., Lemmetty T.J., and Werner T. Apparent polar wander paths and the close of late Archean crustal transpression, northern Ontario. American Geophysical Union // Journal of Geophysical Research Atmospheres 108(B8). DOI:10.1029/2002JB002379. August 2003.
6. Scarrow, J. H., Molina J.F., F. Bea F., Montero P. and Vaughan A.P.M. Lamprophyre dikes as tectonic markers of late orogenic transtension timing and kinematics: A case study from the Central Iberian Zone. United States // Tectonics, 2007. 30, TC4007. DOI:10.1029/2010TC002755, pp.1-22.
7. Павлова Г.Г., Борисенко А.С., Говердовский В.А., Травин А.В., Жукова И.А., Третьякова И.Г. Пермотриасовый магматизм и Ag-Sb оруденение Юго-Восточного Алтая и Северо-Западной Монголии // Геология и геофизика, – Новосибирск: АН РАН Сибирское отделение, 2008. – Т. 49. – № 7. – С. 720-733.
8. Ахунджанов Р., Каримова Ф.Б., Зенкова С.О., Сайдиганиев С.С. О рудоносности лампрофинов Чаткало-Кураминского и Нурагинского регионов (Западный Тянь-Шань) // Геология и минеральные ресурсы. – № 6. – Ташкент: ИМП, 2013. – С. 9-22.
9. Ишбаев Х.Д., Шукуров А.Х., Косбергенов К.М. Дайки и оруденение Коиташского рудного поля (Южный Тянь-Шань). – Ташкент: «Navro'z», 2020. – 206 с.
10. Абдуллаев Х.М. Дайки и оруденение. – Москва: Госгеолтехиздат, 1957. – 232 с.
11. Баймухамедов Х.Н. О возрасте лампрофинов Зибулакских гор (Западный Узбекистан) // Записки Узб. отд. всесоюз. мин. общ-ва. – Выпуск 6. – Ташкент: АН УзССР, 1954. – С. 33-40.
12. Уразаев В.М. О некоторых дайковых образованиях Зибулакских гор. – Выпуск 6. – Ташкент: АН УзССР, 1954. – С. 41-43.
13. Хамрабаев И.Х. Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1958. – 479 с.
14. Свириденко А.Ф. О щелочных лампрофирах в Западном Узбекистане // Узбекский геологический журнал. – №5. – Ташкент: АН УзССР, 1958. – С. 21-26.
15. Когарко Л.Н. Отношение Ni/Co – индикатор мантийного происхождения магмы. – Москва: РАН отд. Наук о земле // Геохимия, 1973. – № 10. – С. 1441-1446.

OLIVINE LAMPROPHYRE DIKES IN GRANITOIDS OF THE ZIRABULAK INTRUSION: COMPOSITION AND NATURE (SOUTHERN TIEN SHAN)

Ishbaev Kh.D., Chief Researcher, Laboratory of Petrology, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor. E-mail: halbay@mail.ru.

Kurbanov A.A., Senior Researcher, Laboratory of Petrology. E-mail: Abduhakim24@mail.ru.

Utamurov E.A., Doctoral student (PhD). E-mail: elbek.utamurov@mail.ru.

Kim M.A., Senior Researcher. E-mail: marg_kim@mail.ru.

Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M.Abdullaev UGS State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan.

This article describes olivine lamprophyre (odinite) dikes in granitoids of the Zirabulak intrusion. They form a series of dikes of different thickness (from 20 cm to 1,8 m) of subshrotic strike, characterized by lamprophyric structure with the presence of phenocrysts (40-60%) of olivine, Titanaugite and hornblende. The main mass is prismatic-grained and consists of plagioclase and coloured minerals. Sulphide minerals pyrrhotite, chalcopyrite and pyrite are a characteristic feature. The dikes are specific for cesium, molybdenum, hafnium, silver, especially arsenic, selenium, bismuth. They are normative hypersten-corundum and were formed from a subcrustal magmatic source.

Keywords: dike, lamprophyre olivine, odinite, lamprophyre structure, olivine, plagioclase, titanaugite, hornblende, sulfide minerals, main mass, magmatic source.

Bibliographic list:

1. Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations. Third edition, revised and enlarged. – St. Petersburg: VSEGEI Publishing House, 2009. – 200 p.
2. Mushkin I.V. Alkaline basalts and lamprophyres of the upper reaches of the river Karabau (Southern slope of the Chatkal Range). – Tashkent, Academy of Sciences of the Uzbek SSR // *Uzbekskiy geologicheskii zhurnal*, 1966. No. 2, pp. 28-36.
3. Rock N.M.S. The nature and origin of Ultramafic Lamprophyres: Alnoites and Allied Rocks // *Journal of Petrology*. Published by Oxford University Press (OUP), 1986. No. 27, pp. 155-196.
4. Awdankiewicz M. Late Palaeozoic lamprophyres and associated mafic subvolcanic rocks of the Sudetes (SW Poland): petrology, geochemistry and petrogenesis. – Poland: *Geologia Sudetica*, 2007. No. 39, pp. 11–97.
5. Borradaile G.J., Lemmetty T.J. and Werner T. Apparent polar wander paths and the close of late Archean crustal transpression, northern Ontario. *American Geophysical Union // Journal of Geophysical Research Atmospheres* 108(B8). DOI:10.1029/2002JB002379. August 2003.
6. Scarrow J.H., Molina J.F., Bea F., Montero P. and Vaughan A.P.M. Lamprophyre dikes as tectonic markers of late orogenic transtension timing and kinematics: A case study from the Central Iberian Zone. *United States // Tectonics*, 2007. 30, TC4007. DOI:10.1029/2010TC002755. pp.1-22.
7. Pavlova G.G., Borisenko A.S., Goverdovsky V.A., Travin A.V., Zhukova I.A., Tretyakova I.G. Permian-Triassic magmatism and Ag-Sb mineralization in Southeastern Altai and Northwestern Mongolia // *Geologiya i geofizika*. – Novosibirsk, AN RAS Siberian Branch, 2008. – Vol. 49. – No. 7, pp. 720-733.
8. Akhundzhanov R., Karimova F.B., Zenkova S.O., Saidiganiev S.S. On the ore content of lamprophyres in the Chatkal-Kurama and Nurata regions (Western Tien Shan) // *Geologiya i mineral'nyye resursy*. – No. 6. – Tashkent: IMR, 2013, pp. 9-22.
9. Ishbaev Kh.D., Shukurov A.Kh., Kosbergenov K.M. Dikes and mineralization of the Koytash ore field (Southern Tien Shan). – Tashkent: «Navro'z», 2020. – 206 p.
10. Abdullaev Kh.M. Dikes and mineralization. – Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1957. – 232 p.
11. Baimukhamedov Kh.N. On the age of lamprophyres of the Zirabulak Mountains (Western Uzbekistan). – Tashkent: Academy of Sciences of the Uzbek SSR // *Zapiski Uzb. otd. all-union. min. Society*, 1954. Issue 6, pp. 33-40.
12. Urazaev V.M. On some dike formations of the Zirabulak Mountains. – Issue 6. – Tashkent: Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1954, pp. 41-43.
13. Khamrabaev I.Kh. Magmatism and post-magmatic processes in Western Uzbekistan. – Tashkent: Publishing House of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1958. – 479 p.
14. Sviridenko A.F. About alkaline lamprophyres in Western Uzbekistan // *Uzbekskiy geologicheskii zhurnal*. – No.5. – Tashkent: Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1958, pp. 21-26.
15. Kogarko L.N. The Ni/Co ratio is an indicator of the mantle origin of magma. – Moscow, RAS dep. Geosciences // *Geochemistry*, 1973. – No. 10, pp. 1441-1446.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ГОР КУЛЬДЖУКТАУ НА БАЗЕ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ



Разиков О.Т.,
научный сотрудник
ГУ «ИМП», д.г.-м.н.



Шарипов Ш.Ф.,
начальник отдела
«Геология, добыча, переработка драгоценных,
цветных металлов и урана»
Навоийского отделения АН РУз., PhD



Нуртаев Б.Х.,
докторант
Навоийского отделения АН РУз.

Ushbu maqolada Kuldjuktou tog'larida kosmik fotosuratlarini o'rganish natijalarini ochib beradi sirt-yuzasiga chiqadigan qatlam tekisliklari uchta asosiy yo'nalishda tomirlarning keskin tushadigan guruhlar bilan kesishadi: shimoliy-shimol-sharqiy (10-30°C), ular o'ng tomonlama eshelonlangan seriyalarni hosil qiladi; sharq-shimoli-sharqiy (60-80°C), chap qo'lli eshelonlangan qatorlarni tashkil etuvchi va shimoli-sharqiy (40-50°C), ular chiplarni cho'zish yoriqlarida uzunroq tomirlar bo'lib, ordeneniyani lokalizatsiya qilish uchun eng qulay geologik va tarkibiy pozitsiyalarga ega.

Tayanch iboralar: Taushan, klivaja, yoriqlar, tomirlar, linzalar, oltin, kvarts tomirlari, gabbro, yarozit, gematit, uzulma-siljish yer yorig'i.

В данной статье приводятся результаты дешифрирования космоснимков в горах Кульджуктау с выявлением особенностей выходящих на поверхность плоскостей напластования пересеченных крутопадающими группами жил в трёх основных направлениях: север северо-восток (ССВ) (10-30°C), которые образуют правосторонние эшелонированные серии; восток северо-восток (ВСВ) (60-80°C), образующие левосторонние эшелонированные серии, северо-восток (СВ) (40-50°C), являющиеся более протяжёнными жилами в трещинах растяжения сколов и отмечены наиболее благоприятные геологоструктурные позиции для локализации оруденения.

Ключевые слова: Таушан, кливажа, трещины, жилы, линзы, золото, кварцевые жилы, габбро, ярозит, гематит, сброс-сдвиговой разлом.

По результатам космических снимков, в процессе дешифрирования были использованы общепринятые методики [1-4] и составлена структурная карта как основа структурной формационной карты М 1:200000 с прогнозным выявлением перспективных участков (рис. 1).

Ранее геологическое строение гор Кульджуктау было детально изучено многими исследователями [5-7 и др.].

Месторождение Таушан. Зона простирается на севере центральной части участка, где образует восточную часть из трёх поисковых территорий: Таушан, Геохимическая и Киркчирта, которые размещаются на восточном фланге интрузивного массива Актосты.

Таушан включает в себя серии север северо-восток (ССВ) и северо-восток (СВ) кварцевых жил с известным содержанием золота, обнаруженным в удлинённых ССВ линзах.

В северной части Северного Таушана расщепленные на тонкие слои углистые пелиты, как производная часть флишево-олистостромовой группы Таушана слагают слои север северо-западного (ССЗ) простираения.

Падение изменяется от субпараллельного к напластованию до северо-западного (СЗ) (140°C). Может быть частично эти вариации обязаны складчатости, предшествовавшей образованию слоистости (кливажа).

Вторичный от крутого до субвертикального мелкий кливаж в основном имеет западное северо-западное (ЗСЗ) простираение (120°C).

Породы являются вмещающими для кварцевых жил с обильными крупными кварцевыми обломками, а «плавающие» тёмные обломки внутри кварца предполагают образование «клочковатого» кварца путём заполнения запечатанных трещин. Это согласуется с

мезотермальными условиями формирования кварцевых жил. Некоторые более мелкие кварцевые жилы и прожилки имеют сидеритовую оторочку. Они образуют эшелонобразные левосторонние серии СВ простираения (41-50°C).

Более протяжённые зоны кварцевых жил простираются в восток северо-восточном (ВСВ) (58°C) направлении и оказываются связанными с протяжёнными трещинами, простирающимися в ЗСЗ (104-114°C) направлении. Кристаллы, растущие перпендикулярно стенкам СВ жил (что не всегда устанавливается достоверно), указывают на локальное СЗ растяжение. Пласты с небольшим углом падения простираются, очевидно с ССЗ на СЗ и они образованы от перекристаллизованных известняков и пластинчатых лутитов.

Более крутопадающие кварцевые жилы шириной 2-3 см простираются на ЗСЗ, связаны с кварцевыми прожилками вдоль поверхностей напластования. Умеренно падающий кливаж (30-35°C) в этом месте пересекается мелким (10°В) падающим на восток кливажем, но относительная нехватка обнажений мешает сделать твёрдые заключения в отношении складчатости и деформаций. Структурные наблюдения по Кульджуктау показывают, что также, как и на Мурунтау, до минерализации имела место значительная деформация [6-9].

На других участках выхода пород на поверхности в этой зоне, хорошо развиты жилы ВСВ и ЗСЗ простираения что наиболее характерно для ВСВ зон (80°C), где с ними связано множество левосторонних эшелонированных жил. Некоторые трещины ЗСЗ простираения выполнены карбонатными жилами, которые могли быть предшественниками кварцевых жил. Все каналы в этой зоне имеют СВ направление, чтобы пересечь главные СЗ (до ССЗ) жилы, показанные на предыдущем картировании.

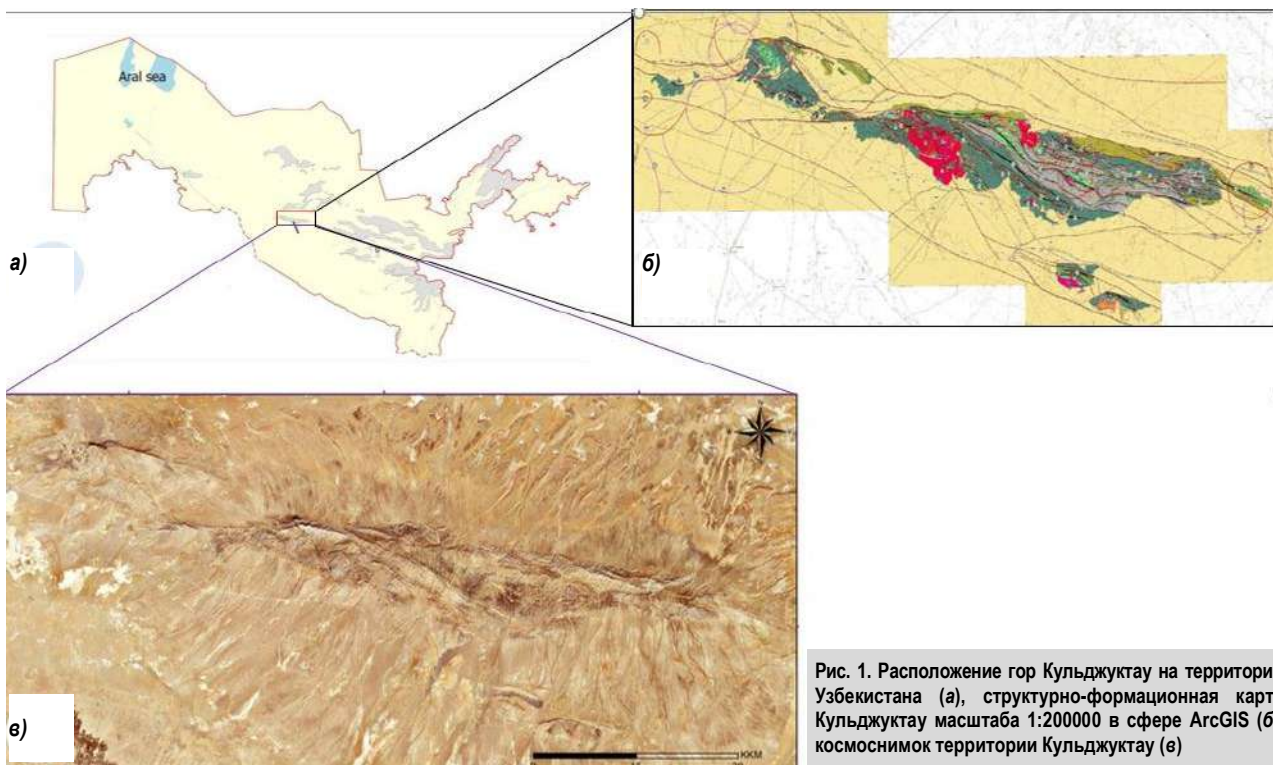


Рис. 1. Расположение гор Кульджуктау на территории Узбекистана (а), структурно-формационная карта Кульджуктау масштаба 1:200000 в сфере ArcGIS (б), космоснимок территории Кульджуктау (в)

На северо-западе некоторые из известняковых пластов северо-западного простирания (148°C, 23°C), выходящих на поверхность в канавах, сильно перекристаллизованы, трещиноваты и подвержены изменениям пород, богатым железом.

Следуя вдоль русла реки на юг за пределы Таушана по направлению к Геохимической зоне, вдоль дороги, пласты простираются в субширотном направлении и пересечены сильными сдвигами с изменениями, богатыми анкеритом и сидеритом, субпараллельными напластованию.

Выходящие на поверхность плоскости напластования пересечены крутопадающими группами жил в трёх основных направлениях:

- СВ (10-30°C), которые образуют правосторонние эшелонированные серии (рис. 2а).
- ВСВ (60-80°C), образующие левосторонние эшелонированные серии сколов (рис. 2б).
- СВ (40-50°C), являющиеся более протяженными жилами в трещинах растяжения.

Другие жилы более редко имеют ССВ простирание (160°C) с некоторой вероятностью правостороннего сдвига.

Далее на юг, крутые жилы ЗСЗ простирания сопровождаются сложной складчатостью и скорее всего контролируются трещинами сжатия.



Рис. 2. Сопряженные ССВ правосторонние и ВСВ левосторонние сколы, указывающие на фазы СВ/ЮЗ деформаций сжатия, южный Таушан / Геохимическая зона

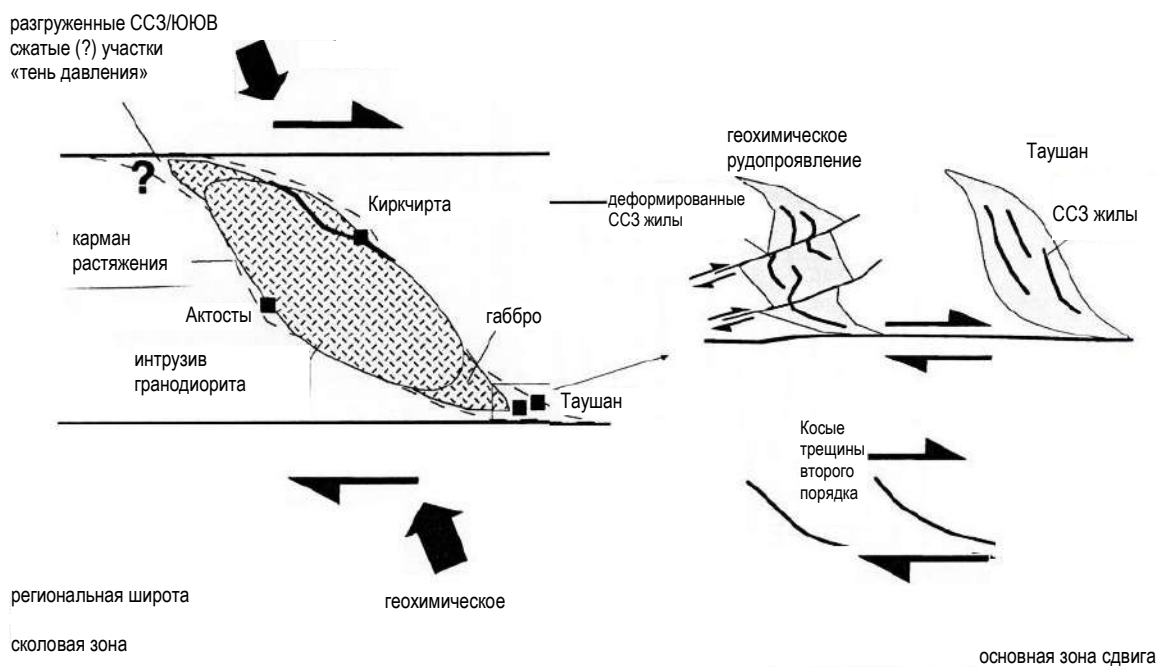


Рис. 3. Схематическая модель структурного контроля минерализации в районе Актосты-Киркчирта-Таушан-Геохимическое



Рис. 4. Отклонение к СВ слоёв и складок в пределах широтной (до ССЗ) зоны смещения, по дороге к рудопроявлению Ртутное

В южных окончаниях зон, в которых размещаются Таушанское и Геохимическое рудопроявления, обнаруживается заметное изменение простирания пластов и жил от ССЗ и СЗ на субширотное.

Предполагается контроль минерализации трещинами ССВ простирания второго порядка по отношению к субширотной правосторонней сколовой зоне первого порядка (рис. 3).

На рудопроявлении «Ртутное», в штольне № 1, вскрывающей рудное тело № 2, ССЗ-я структура (124°C, 67° ЮЗ) размещается в лежачем боку брекчированные кварц-карбонатные жилы.

Судя по данным предыдущих работ [9-10] эта зона, видимо, продолжается до другого ртутного рудопроявления.

Предполагается, что минерализация в известняках приурочена к подошве линз «кремнистых» пород.

Эта литологическая разновидность пород содержит кристаллы пирита (а также лимонит) с кварцевыми жилами, но сама не несёт значительную минерализацию.

Предполагается, что линзы кремней не являются самостоятельной литологической разновидностью, а представляют собой изменённые зоны в виде окремнения всياчих боков.

Далее к СЗ пласты известняков не показывают значительные тектонические нарушения, но содержат много эшелонированных СВ левосторонних кварцевых прожилков, ассоциирующихся с тонкими меридиональными прожилками.

Залегание слоёв ССЗ и кварцевых жил ранних фаз часто секутся поздними кальцитовыми СВ и меридионального простирания прожилками, которые, видимо, заполняют более ранние трещины.

Некоторые из них также пересекаются кальцитовыми прожилками в трещинах растяжения ССЗ простирания (120°C), а некоторые ССЗ (до субширотных, 90-130°C), видимо развивались при правостороннем сколообразовании, сопровождаемом жилами 2-го порядка в ССЗ трещинах растяжения и замещают ранее образованные кварцевые жилы.

Далее к СЗ открытые кальцитовые жилы и полости заполняют субширотные текстуры (100-115°C), в некоторых случаях с крупными кристаллами кальцита, и указывают на проявления позднего растяжения, частично развивающегося по напластованию.

Далее к ЮЮВ, ближе к штольне № 1, ССЗ линзы окварцованных пород, размером до 15 м x 3 м, пересечённые большим количеством кварцевых жил СВ и ССЗ простираний (30°C и 120°C) образуют часть зоны изменения СЗ простирания, совпадающей с направлением штольни.

Штольня № 1. В устье штольни наблюдаются две ССЗ структуры параллельные по простиранию, но различного падения, с более крутым разломом в всياчем боку (124°, 82°З), образующие брекчированный клин с более пологопадающим разломом в лежачем боку (124°C; 67°З) (рис. 4).

Проходка штрека первоначально установила крутую брекчиевую зону, но затем она выклинилась к СЗ в узкую структуру, а расщепки из штрека в всياчем боку позволили установить ССЗ жилу с большим содержанием кальцита. В жиле наблюдается несколько раздувов, заполненных кальцитом, вблизи которых структура распадается на параллельные сопрягающиеся прожилки в лежачем боку, указывающие на правосторонний скол (рис. 5).

В всياчем боку наблюдается незначительная аргиллизация по лутиту, которая могла образовать локальные благоприятные участки для восходящих флюидов. Зона продолжается на запад, где её простирание меняется на ССЗ (до меридионального), с отдельными разломами, падающими на восток и жила переходит в широкую брекчиевую зону с интенсивной аргиллизацией и гематитизацией [11]. Эта брекчия выклинивается обратным возвращением к ССЗ простиранию, сопровождаясь кальцитовой жилой 5-10 см мощностью.

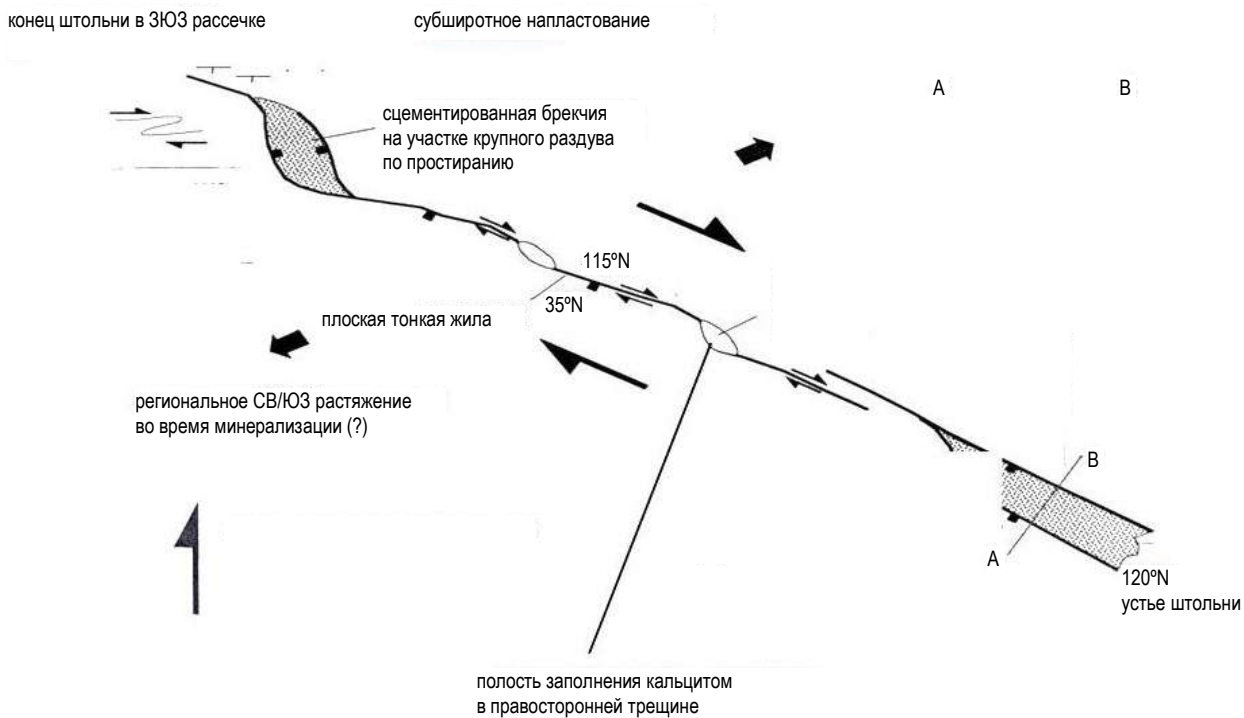


Рис. 5. Схематический геологический план рудного тела № 2, штольни № 1, рудопроявление Ртутное, северный Кульджуктау. Примечание: диаграмма является схематичной, внемасштабной

Здесь выявлены асимметричные, параллельные напластованию складки с западным склонением, свидетельствующие о правостороннем сколе (рис. 5).

Минерализация на рудопроявлении «Ртутное» эпitherмального типа, близповерхностная, а широкие проявления деформаций растяжения позволяют предполагать, что ртутная минерализация может отличаться по возрасту от мезотермальной золотой минерализации, проявленной на других посещённых рудопроявлениях.

Если бы оба типа минерализации были одного возраста, модель тектонического блока потребовала бы помещения рядом близ поверхностной ртутной минерализации с мезотермальной золотой, сформированной на глубине не менее 10 км, а это потребовало бы обосновать огромные перемещения по разлому, ограничивающему рудопроявления Ртутное с юга.

На рис. 6б изображены Z-складки вдоль активизированных плоскостей напластования правосторонней ориентации, на рис. 6а плоская, заполненная кальцитом в правосторонней трещине.

Как вытекает из нынешнего уровня изученности рудовмещающих стратиграфических формаций, отражённых на картах, этот участок размещается в тех же самых стратиграфических подразделениях, что и другие части хребта Кульджуктау, и это делает модель блоковой тектоники менее надёжной.

Более молодой возраст для близ поверхностных эпitherмальных месторождений связывается с Гималайской тектоникой. Коллизионная модель предполагает потенциальные СЗ и широтные сколы, такие, как олигоценные и раннемиоценовые перемещения Иранского и Афганского блоков вдоль Гиссарского, Герерудского и Копет-Дагского сброса-сдвиговых разломов [11, 12]. Это событие могло оживить некоторые из ранних субширотных СЗ структур в Кульджуктауском регионе, в частности, правосторонние сколы контролирующие небольшую по масштабам ртутную минерализацию. Минерализация с преобладанием ртути возникает в результате перехода ртути в паровую фазу на верхних уровнях, в то время как другие ассоциирующие металлы, такие как As, Sb и Au могли отложиться на глубине как часть зональной низкосульфидной эпitherмальной колонки.



Рис. 6. Структуры вдоль штольни № 1, рудопроявление Ртутное, показывающее правостороннее смещение. Примечание: снимки были сделаны вверх по падению, наблюдается обратное направление смещения

Ртутная минерализация на Кульджуктау не выявляет какие-либо признаки высокой газовой активности (таких, как «галльковые» дайки, или ассоциирующие обломки окатанной брекчии), и видимо, не связана с значительным гидротермальным флюидным потоком. Небольшие «карманы» с оруденением большего объёма контролируются клиновидными утолщениями висячих боках и локальными раздвугами по простиранию. Если здесь мы видим верхний уровень

эпитермальной колонки вероятностью обнаружения бананцевого золота на глубине, то разведка должна выявить на глубине также Sb и As минерализацию с возможными следами золота.

На северном краю хребта, непосредственно на север от рудопроявления «Ртутное» деформации проявлены сильнее, чем вокруг штольни № 1. Здесь сопряженные серии С-В-х (40°C) правосторонних и широтных (100°C левосторонних жил одновозрастны с ВСВ (65°C) кальцит-кварцевыми жилами в трещинах растяжения, указывающими на СВ-ЮЗ сжатие, подобно Таушану.

Таким образом, на основании вышесказанного можно отметить, что:

– в Кульджуктау дорудные деформации обусловлены сжатием в направлении СВ-ЮЗ до ССВ, которое вызвало образование зон трещиноватости от СЗ до субширотного направлений, а также складок, разрывов и сопряженных сдвигов (ССВ правосторонних и ВСВ

левосторонних). Эти зоны были сформированы в течение фазы левосторонних сжимающих деформаций;

– поисковые работы следует концентрировать в зонах с преобладанием сбросо-сдвиговых деформаций, которые более перспективны для выявления оруденения, перспективными на золотое оруденение могут быть те участки, положение которых определяется близмеридиональными ССЗ рудоконтролирующими разломами. Они сопровождаются субпараллельными пликтивными формами, локализируют зоны орговикования, вмещают поздние дайки;

– для минерализации, контролируемой правосторонним сколообразованием, наиболее перспективными со структурных позиций являются СЗ (до ССЗ) зоны с изгибами II-го порядка, а также разгруженные участки в экзоконтактных интрузиях.

Библиографический список:

1. Морозов А.Ф., Перцов А.В. Методы дистанционного зондирования Земли при решении природоресурсных задач. – Москва: ВСЕГЕИ, 2004. – 132 с.
2. Перцова А.В. Аэрокосмические методы геологических исследований. – Москва: ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
3. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Издательство А и Б, 1997. – 25 с.
4. Жилев М.Ю. Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке // ГЕОМАТИКА №3, – Москва, 2009. – С. 33-35.
5. Айсанов Я.Б. и др. Геологическое строение и основные черты минерализации палеозойских образований гор Кульджуктау. – Ташкент, 1978. – 120 с.
6. Ахунджанов Р.И. Металлогенетическая специализация на золото и редкие металлы гранитоидных интрузивов Узбекистана // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований // Мат-лы Всеросс. конф. – М.: ИГЕМ РАН, 2010. – Т. 1. – С. 50-52.
7. Миркамалов Р.Х., Чиркин В.В., Диваев Ф.К. Геодинамические реконструкции орогенного пояса Западного Тянь-Шаня и прогнозирование эндогенных месторождений в породах фундамента (методические рекомендации). – Ташкент: ГП «ИМР», 2019. – 162 с.
8. Шаякубова Т.Ш. Золоторудное месторождение Мурунтау. – Ташкент, 1998. – 539 с.
9. Разинов О.Т. и др. Геолого-структурные факторы локализации золотого оруденения в горах Кульджуктау // Горный вестник Узбекистана – № 2 (77). – Навои, 2019. – С. 25-27.
10. Разинов О.Т., Мирходжаев Б.И. Металлогения ртутного оруденения Западного фланга Южного Тянь-Шаня // Геология и минеральные ресурсы. – № 6. – Ташкент, 2020. – С. 27-29.
11. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.Н., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 1. – М.: Недра, 1990. – 328 с.
12. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.Н., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 2. – М.: Недра, 1990. – 334 с.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

PACHKAMAR MAYDONIDAGI PALEOGEN DAVR YOTQIZIQLARINI GEOLOGIYASI VA FOYDALI QAZILMALARI



Axmedov Sh.Sh.,
O'zbekiston Respublikasi
Fanlar Akademiyasi Navoiy bo'limi
doktoranti



Mirzayev A.U.,
O'zbekiston Respublikasi
Fanlar Akademiyasi Navoiy bo'limi raisi,
g.-m.f.d., professor



Madatov T.A.,
O'zbekiston Respublikasi
Fanlar Akademiyasi Navoiy bo'limi
doktoranti



Nazarov U.X.,
O'zbekiston Respublikasi Fanlar
Akademiyasi Navoiy bo'limi
stajyor-tadqiqotchisi

Mazkur maqolada Pachkamar maydonidagi paleogen davri yotqiziqlarining buxoro svitasiga tegishli tog' jinslari bo'yicha batafsil keltirilgan, ushbu davrning geologiyasi, tog' jinslarining strukturasi va teksturasi va foydali qazilmalari bayon qilingan. Hududning joylashgan kordinatasi, qatlamlarni yotish tomonlari, qatlam qalinliklari va ko'rinishi, geologik xaritasi, geologik kesimi hamda ayrim minerallarning laboratoriya natijalari ham mavjud. Bu hududda qo'shimcha geologik-qidiruv ishlarini olib borish uchun tavsiya qilinadi.

Tayanch iboralar: foydali qazilmalar, mineral, geologik qirqim, geologik qidiruv ishlar, geologik xarita, ohaktosh, dolomit, dolomitlashgan ohaktosh, gips, kvars qumi, tog' jinsi, struktura, tekstura, kordinata, nomenklatura.

В данной статье подробно представлены породы, относящиеся к бухарской свите палеогеновых отложений Пачкамарской площади, описаны геология этого периода, строение и гранулометрический состав пород, минералов. Также доступны координаты расположения района, ориентировки слоев, мощность и внешний вид слоев, геологическая карта, геологический разрез и результаты лабораторных исследований некоторых полезных ископаемых. В этом районе рекомендуется провести дополнительные геологические исследования.

Ключевые слова: полезные ископаемые, минерал, геологический разрез, геологоразведочных работ, геологическая карта, известняк, доломит, доломитизированный известняк, кварцевый песок, горная порода, структуры, текстура, координаты, номенклатура.

So'ngi yillarda sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan foydali qazilmalarga talab ortib bormoqda. Shu o'rinda noma'dan foydali qazilmalarni o'rni ham beqiyos hisoblanadi. Chunki ishlab chiqarish, qishloq ho'jaligi va qurilish sanoatlarini rivojlantirish uchun noma'dan foydali qazilmalariga ehtiyoj yildan-yilga oshib bormoqda.

Bugungi kunda geologiya sohasi rivojlangan davlatlarda ishlab chiqarishga qaratilgan ilmiy izlanishlar keng ko'lamli ishlar amalga oshirilmoqda. Respublikamizda ham noma'dan konlarini qidirish va uning mineral xom-ashyo bazasini kengaytirishga qaratilgan keng qamrovli chora-tadbirlar bosqichma-bosqich amalga oshirilmoqda. Bu borada Pachkamar maydonidagi paleogen davriga oid noma'dan foydali qazilmalarni aniqlash va takomillashtirishga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

Pachkamar maydoni ma'muriy jihatdan Qashqadaryo viloyatining G'uzor tumanida joylashgan. Ularning geografik joylashuvi Hisor tizmasi janubiy-g'arbiy adog'larining shimoliy etaklariga to'g'ri keladi. Pachkamar maydonining geografik kordinatasi va varaq nomenklaturasi 1-jadvalda berilgan.

Ushbu maydondagi paleogen davri yotqiziqlarini o'rganish natijasida asosan ohaktosh, dolomit va gipslar sanoat miqyosidagi zaxiralarni bera olishi mumkin.

Hududning geologik tuzilishi mezo-kaynozoy: bo'r, paleogen, neogen va to'rtlamchi davr yotqiziqlarining shakllanishini o'z ichiga oladi (1-rasm).

Hududdagi eng qari yotqiziqlar bo'r davridagi tog' jinslari hisoblanadi. Yuqori bo'r yotqiziqlari (K_2md-kt ; K_2sr-kf) o'rganilayotgan maydonning katta qismini egallaydi. Qalinligi 250 m gacha bo'lgan gillar, qumtoshlar, ohaktoshlar va alevrolitlardan iborat.

Paleogen davri (I). Buxoro svitasi ($I_{1,2}$). Svita yotqiziqlari yuqori bo'r yotqiziqlarida bir-biriga nomuvofiq joylashgan bo'lib, qalinligi 150 m gacha bo'lgan dolomitlar, ohaktoshlar, gips va gellar bilan ifodalangan.

Suzoq va Xonobod svitalar ($I_{1,2}$ sz-hn). Suzoq svitalari birgalikda 250 m gacha bo'lib, argillitlar, alevrolitlar va gillardan iborat.

Buxoro svitasining mahsuldor qatlami, avval qilingan ishlar ma'lumotlariga ko'ra, dolomit va dolomitli ohaktoshlari bilan ifodalangan bo'lib, ular tashqi ko'rinishida bir-biridan deyarli farq qilmaydi va bo'rga o'xshash och kulrang, oq rangdagi tog' jinsini ifodalaydi hamda parallel qatlamlanib yotadi.

Hududdagi mahsuldor qatlamlarni 100-250 m ko'rinadigan qalinligi bilan 12 km gacha bo'lgan masofada kuzatish mumkin. Morfologik nuqtai nazardan, qatlam g'arbga, janubi-g'arbga $L 10-20^\circ$ burchak ostida cho'kish bilan qatlamlanib yotganligi ifodalanadi. Maydondagi mahsuldor qatlamni o'rganish uchun izlov ishlari olib borilib, geologik kesmalar, marshrutlar va kanavalar orqali o'rganilib, barcha tog' jinslari qatlamlarining batafsil tavsifi berilgan.

Tog' jinslarining strukturaviy-teksturaviy xususiyatlari va rangiga ko'ra qatlam qalinliklarini quyidagi asosiy birliklarga (yuqoridan pastgacha) guruhlash mumkin [1].

I-dolomitli ohaktoshlar va dolomitlar. Dolomitli ohaktoshlar yoriqlar bo'ylab temir gidroksidlari, yirik va mayda oolitlar mavjudligi sababli sarg'ish tusli och kulrang va kulrang-oq rangga ega, birxil bo'lmaganligi bilan xarakterlidir. Mikroskop ostida jinslar psevdoolit ohaktoshlaridik ko'rinadi. Psevdoolit kriptokristal kalsitdan tashkil topgan va murakkab mustahkam kristalli kalsitning yupqa qobig'i bilan o'ralgan. Tog' jinslari

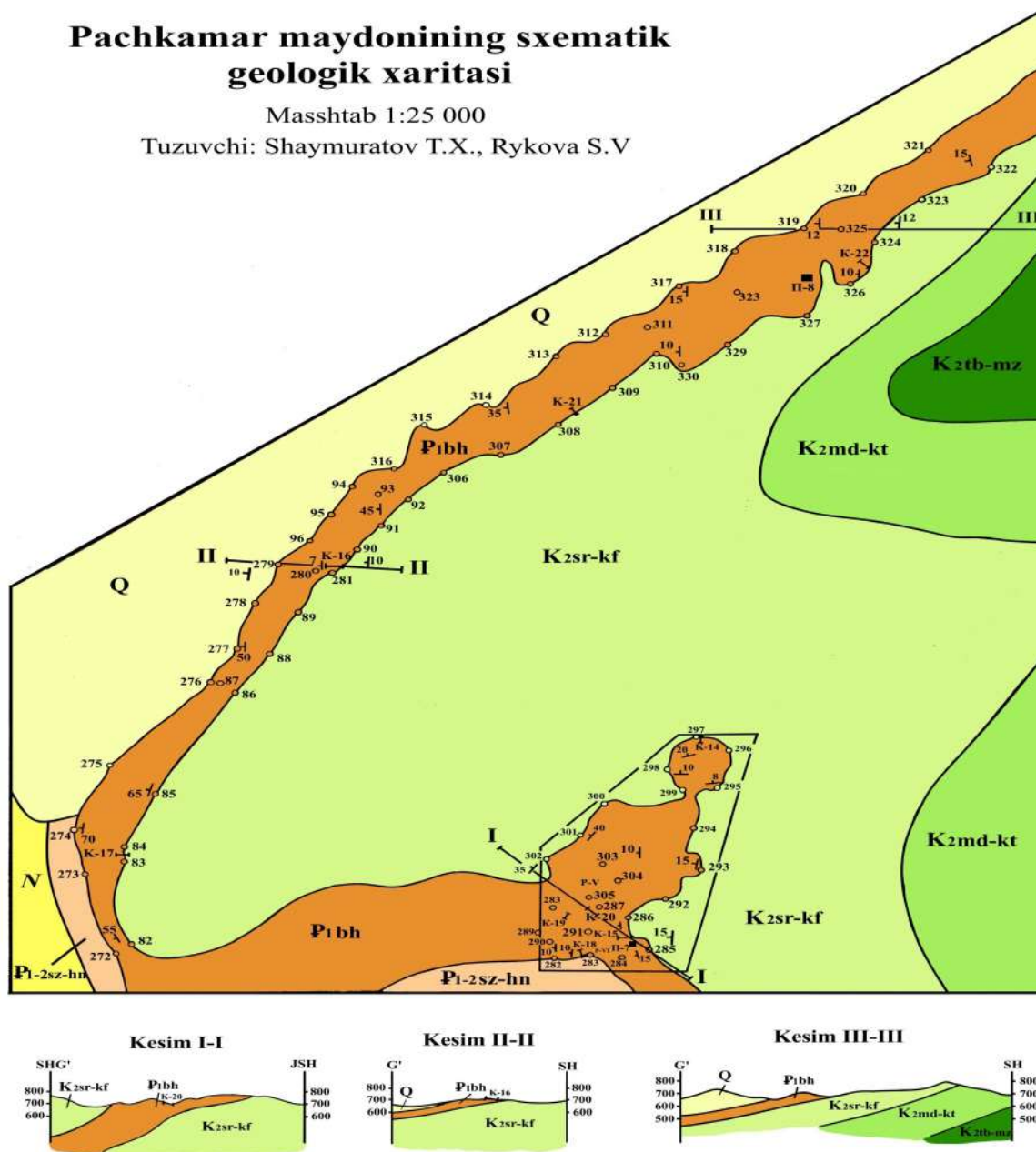
1-jadval
Pachkamar maydonining geografik kordinatasi va varaq nomenklaturasi

Obyekt	Geografik kordinatalar		Varaqlar nomenklaturasi
	shimoliy kenglik	sharqiy uzunlik	
Pachkamar maydoni	38°33' - 38° 34'	66° 21' - 66° 22'	J-42-49 B-v

Pachkamar maydonining sxematik geologik xaritasi

Masshtab 1:25 000

Tuzuvchi: Shaymuratov T.X., Rykova S.V



- Shartli belgilar:**
- | | | | | |
|----------------|-----------|--|--------|--|
| Paleogen davri | Q | To'rtlamchi davr yotqiziqlari, ajratilmagan. | 40/30 | Tog' jinslarining yotish elementlari.
1. yaxshi. 2. to'ntirilgan. |
| | N | Neogen davri yotqiziqlari, ajratilmagan.
Qumtoshlar, alevrolitlar, gillar, qatlamlashgan gips, konglomeratlar, gravelitlar. | — — | Geologik kesim chiziqdari. |
| | P1-2sz-hh | Suzak, alay, turkiston, rishton, isfara va xonobod svitalari birlashgan.
Argillitlar, alvrolitlar, yonuvch slanetslat, gillar, qumtoshlar, gipslar. | ○ 33 | Geologik kuzatuv nuqtalari va ularning nomeri. |
| | P1bh | Buxoro svitasi (buxoro qatlami ajratilmagan).
Oxaktoshlar, dolomitlar, gipslar, mergellar (mahsuldor qatlam). | K-5 | Kanavalar va ularning nomeri. |
| | K2sr-kf | Sariqamish, daralitov, kofrun, udantov svitalari birlashgan.
Qumtoshlar, alevrolitlar, gillar va chig'anoqtoshlar. | P-1 | Litologik-fastial kesimlar va ularning nomeri. |
| Bo'r davri | K2md-kt | Modun, akrobat, kattaqamish svitalari birlashgan. Gillar, qumtoshlar, ohaktoshlar. | ■ II-4 | Darzliliklarni o'rganish maydonlari va ularning nomeri. |
| | K2tb-mz | Tyubegatan, karigansoy, tagarin, gazdaganin, talxah, dasgiryak, muzrabod svitalari birlashgan.
Gillar, alevrolitlar, qumtoshlar, ohaktoshlar, mergellar, gipslar. | □ | Qidiruv ishlari uchun tavsiya qilingan maydonlar konturi. |
| | — — | Turli yoshdagi shakllanishlar chegarasi. | | |

1-rasm. Pachkamar maydonining geologik xaritasi

foromifer faunasining ko'pligi bilan ajralib turadi. Dolomitlar oq, bo'rsimon, pelitomorf, ba'zan mayda donador. Ushbu qatlarning jinslari yumsuhoq va ishlov berish oson hisoblanadi.

Mikroskop ostida bu jins karbonatdan iborat bo'lib, donalarning o'lchamlari 0,001-0,003 mm bo'lgan bir xil kriptokristalli massadan tashkil topgan. Jinslar kam g'ovakli. Qatlarning jami haqiqiy qalinligi 10-20 metni tashkil qiladi.

I – zich yashirinkristalli, och kulrang gips. Kesmada ba'zan ajralgan va mahsuldor qatlarning uzunligi bo'ylab kuzatilishi mumkin hamda markiruyushiy gorizont hisoblanadi. Qalinligi 8-10 metni tashkil qiladi.

III – bo'rsimon, oq-kulrang dolomitlar, I-pachka tog' jinsiga o'xshaydi, kesmaning pastki qismida dolomitlarning qatlamlashgan qismi qalinligi 0,5-3 m bo'lgan gips qatlamlari orasida joylashgan. Pachkaning qalinligi 5-15 metni tashkil qiladi.

Tog' jinslarining mineralogik va petrografik tarkibiga ko'ra, I va III pachkalar deyarli bir xil – ular dolomitlar va dolomitlashgan ohaktoshlari orasida turli xil ko'rinishda o'tganligini ko'rish mumkin (2-jadval).

Asosiy komponentlarning kimyoviy tarkibi quyidagicha: CaO – 29,68 dan 32,69% gacha. O'rtacha 31,21%; MgO – 12,39 dan 20,96% gacha, o'rtacha 18,97%; CO₂– 20,20 dan 45,97% gacha, o'rtacha – 35,93%. Aniqlangan tahlillarga ko'ra kimyoviy tarkibidan ko'rinadiki, tog' jinslar dolomitlarga tegishli ekanligi aniqlanib, Pachkamar maydoni istiqbolli hudud hisoblanadi va P1 toifasidagi dolomitlarning taxminiy resurslari 7,5-8 million tonnaga baholanmoqda.

Paleogen davri yotqizilari, neogen davri yotqizilarning yuvilgan cho'kindilari bilan yotadi. Oxirgi ko'rnishida qumtoshlar, alevolitlar, gillar, konglomeratlar, gravelitlar bilan ifodalanadi. Ushbu yotqizilar maydonning janubi-g'arbiy qismida ochilmalar holida ko'rish mumkin.

Maydonda to'rtlamchi yotqizilari katta qismini egallaydi. Qalinligi 20 m gacha bo'lgan toshlar, qumli-shag'al materiallar va lyossiga o'xshash tuproqlar bilan ifodalanadi.

Strukturaviy jihatdan Pachkamar hududi G'uzor-Lyngar antiklinal strukturasi bilan g'arbiy qanoti bilan chegaralangan bo'lib, uning o'qi tasvirlangan hududdan sharq tomonga o'tadi. To'g'ridan-to'g'ri maydonda burmaning g'arbiy qismi g'arbga (340-360°) monoklinal tarzda 10-40° burchak ostida cho'kadi va hech qanday yoriqlar bilan murakkablashmaydi. Dizyunktiv jarayonlar bu hududda faqat genetik jihatdan o'zaro bog'liq bo'lgan bir nechta yoriqlar tizimining shakllanishida namoyon bo'ldi.

Pachkamar hududidagi Paleogen davri buxoro svitasi yotqizilariidagi foydali qazilmalarga qo'yidagilarni keltirish mumkin. Asosan ohaktoshlar, dolomitlar, dolomitlashgan ohaktoshlar va gipsli tog' jinslari hisoblanadi. Ushbu tog' jinslarning hosil bo'lish sharoitlari va kimyoviy tarkibi va ishlatilish sohalari bilan tanishib chiqamiz.

Ohaktoshlar karbonatli cho'kindi tog' jinslari hisoblanib, tarkibi 50% dan ortiq kalsitdan yoki organizmlarning skeleti qoldiqlaridan, ba'zan aragonit minerali (CaCO₃) dan iborat bo'ladi. Ko'pincha tarkibida autigen, diagenetik va epigenetik minerallar, chaqiq (terrigen va karbonat) zarralar aralashmasi uchraydi. Ohaktoshlarning tarkibida 4-



2-rasm. Pachkamar uchastkasidagi ohaktosh qatlamlari ochilmasi

2-jadval
Qidiruv ma'lumotlariga ko'ra Pachkamar istiqbolli maydonning 1-pachkasi dolomitlarining sifat ko'rsatkichlari

Sifat ko'rsatkichi	O'lchov birligi	Ko'rsatkichlar			
		minimal	maksimal	o'rtacha	
Miqdori:	CaO	%	29,68	32,69	31,21
	MgO	%	12,39	20,96	18,97
	CO ₂	%	20,20	45,97	35,93
Massa hajmi		g/sm ³	1,63	2,08	1,85
Suv singdiruvchanligi		%	3,77	26,64	14,83
Quruq holatdagi mustahkamlik chegarasi:		kg/sm ²	20	415	27,5
Xuddi shu – suv bilan to'yingan holatda		kg/sm ²	7	350	178,5
Xuddi shu – muzlagandan keyin		kg/sm ²	9	260	134,5
Yumshatilganlik koeffitsenti			0,62	0,69	0,67
Sovuqqa chidamlilik koeffitsenti			0,25	0,55	0,4

17% gacha MgO bo'lsa, dolomitli ohaktosh; 6 – 21% SiO₂+R₂O mergelli ohaktosh; kvarts, opal va xalsedon qo'shilsa – qumtoshli va kremniylashgan ohaktosh deb yuritiladi [2].

Ohaktoshning sanoatda, qishloq xo'jaligida va qurilishda keng qo'llaniladi (2-rasm). Qora metallurgiyada rudaning erishini oshirish va shlak hosil qilish uchun qo'shiladigan modda (flyus) sifatida; ohak va sement ishlab chiqarishda xom ashyo; soda, mineral o'g'itlar, shisha, qog'oz ishlab chiqarishda, neft mahsulotlarini tozalash va b. jarayonlarda qo'shimcha modda sifatida ishlatiladi.

Ohaktosh muhim qurilish materiallari guruhini tashkil qiladi, ulardan qoplovchi va bezak toshlar, haykaltaroshlik va me'morlikda ishlatiladigan toshlar va h.k. tayyorlanadi. Biz o'rganayotgan Pachkamar maydonidan olingan ohaktosh namunasi tahlil natijalaridan ko'rinib turibdiki foydali qazilma sifatida ishlatish mumkin 2-jadval.

Dolomit – CaMg[CO₃]₂ – Ximiyaviy tarkibi. CaO 30,4%, MgO 21,7%, CO₂ 47,9%. CaO va MgO miqdori kichik ko'lamda o'zgarib turadi. Izomorf aralashmalari: Fe, ba'zan Mn (bir necha foizgacha), kamdankam Zn, Ni va Co mavjud. Dolomit kristallariga bitum va boshqa chet moddalar qo'shilgan hollar ham ma'lum. Dolomitning asosiy massasi esa hamma geologik davr, ayniqsa, kembriygacha bo'lgan davr va paleozoy davri karbonat qatlami cho'kindilari bilan bog'langan. Bunday qatlamlar orasida dolomit ko'pincha yaxlit massivlar tashkil qiladi va ohaktoshlar bilan qavatma-qavat bo'lib yotadi, ba'zan, to'g'riroq shaklli uyumlar, uyalar va hokazo hosil qiladi [3].

Dolomitlashgan ohaktoshlar – tog' jinslarida dolomitni yangitdan hosil bo'lish jarayoni. Dolomitlashgan ohaktoshlardagi kalsitni dolomit bilan metasomatik o'rin almashinish jarayoni orqali yuzaga keladi. Natijada ikkilamchi dolomitlar paydo bo'ladi. Dolomitning jinslar (ayniqsa ohaktoshlar) g'ovakligiga ta'siri murakkab jarayon bo'lib, uning kechishi dolomit zarralarining shakli, o'lchami, joylashish tartibi va boshqa xususiyatlarga bog'liq. Dolomitlashgan jinslar past haroratli, ayrim xollarda o'rta haroratli polimetallar, barit-viteritli va sideritli konlar uchun bilvosita qidirish belgilari hisoblanadi [4].

Dolomitlar hosil bo'lishining ayrim tafsilotlari haqidagi masala juda ko'p munozaralarga sabab bo'ldi. Ko'p hollarda ular birlamchi cho'kindilar bo'lib, sho'r suv havzalarida yuzaga kelgan, ularning gips, angidrid va suvda ko'proq eruvchan ishqoriy elementlar tuzlari bilan bir assotsiatsiyada topilishi shuni ko'rsatadi. Boshqa hollarda, shubhasiz avval cho'kkan kalsiy karbon oksidi cho'kindilari dolomitlashgan bo'lishi ham mumkin. Chunki, chig'anoq, marjon va boshqa organizmlarning ohakli qoldiqlari o'rinda dolomit hosil bo'lish faktlari ham uchraydi (3-rasm).

Dolomitlar har xil maqsadlarda keng qo'llaniladi:
– qurilish materiali (tosh) sifatida;
– termoizolyatsiya materiallarini asbest va boshqalar bilan biriktiruvchi mahsulotlar sifatida;

Pachkamar maydonidan olingan ohaktosh namunasining ICP-MS tahlili natijalari

Namunaning nomi	Lab №	Geol №	Elementlar	Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Aniqlangan elementlarning o'lchov diapazoni				0,05-4000	0,05-4000	0,10-4000	0,004-11	0,004-11	0,002-20		0,008-30	0,005-28	0,10-4000	0,0006-9	0,20-4000	1,0-4000	0,002-10	0,006-30	0,10-4000
Ohaktosh	116-1	Nam-2		7,00	<0,088	22,0	541	103263	2349	123	613	234687	0,489	60	20,1	41,4	28	4590	1,27
Namunaning nomi	Lab №	Geol №	Elementlar	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr*	Nb	Mo	Ag	Cd	In*	
Aniqlangan elementlarning o'lchov diapazoni				1,0-4000	1,0-4000	1,0-4000	0,10-4000	0,10-4000	0,50-4000	0,10-4000	0,10-4000	0,10-4000		0,005-4000	0,10-4000	0,05-10,0	0,005-4000		
Ohaktosh	116-1	Nam-2		9,64	12	13,1	0,365	10,6	6,32	1,75	168	0,519	2,30	0,188	3,20	0,058	0,139	<0,005	
Namunaning nomi	Lab №	Geol №	Elementlar	Sn	Sb	Te	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	
Aniqlangan elementlarning o'lchov diapazoni				0,10-10	0,10-4000	0,30-4000	0,02-4000	0,10-4000	0,50-4000	0,04-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000
Ohaktosh	116-1	Nam-2		0,085	0,342	<0,30	0,130	12,1	0,664	1,88	0,143	0,547	0,062	0,046	0,145	0,008	0,091	0,021	
Namunaning nomi	Lab №	Geol №	Elementlar	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Pt*	Au*	Tl	Pb	Bi	Th	U	
Aniqlangan elementlarning o'lchov diapazoni				0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,05-4000	0,04-4000	0,08-4000	0,01-4000	0,05-4000	0,05-4000	0,01-4000	0,1-4000	0,01-4000	0,01-4000	0,01-4000	
Ohaktosh	116-1	Nam-2		0,045	<0,01	0,062	<0,01	0,069	0,030	0,119	0,018	<0,05	<0,05	0,275	1,95	0,078	0,565	3,86	

– metallurgiyada qo'shimcha (flyus) va o'tga chidamli mahsulot sifatida;

– ximiya va boshqa ko'p sanoat tarmoqlarida ishlatiladi (2-jadval).

GIPS (yun. gypsos – bo'r, ohak) – tabiiy gips – mineral; suvli kalsiy sulfat tuzi $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; tarkibida sof holda CaO (32,56%), SO_3 (46,51%), H_2O (20,93%) bo'ladi. Monoklin sistemada kristallanadi. Kristallari

plastinkasimon, ustunsimon, ninasimon va tolasimon ko'rinishda bo'ladi. Ko'pincha, tutash donador, tolasimon massalar, turli kristallik guruxlar tarzida uchraydi.

Toza gips rangsiz va shaffof; tarkibida qo'shilmalar bo'lgani kulrang, sarg'ish, qo'ng'ir va boshqa rangli bo'ladi [5].

Gips tabiiy sharoitlarda turli yo'llar bilan hosil bo'ladi.

1. U quriy boshlagan sho'r suvli ko'l va dengiz havzalarida cho'kish yo'li bilan ancha katta massalar holda yuzaga keladi. Bunda gips NaCl bilan bir qatorda faqat suv bug'lanishining boshlang'in davrlarida boshqa erigan tuzlar konsentratsiyasi hali ko'p bo'lmagan paytda ajralishi mumkin. Tuzlar konsentratsiyasi, jumladan NaCl ayniqsa MgCl_2 konsentratsiyasi aniq darajaga yetganda gips o'rni angidrit, undan keyin boshqa oson eruvchan tuzlar kristallana boshlaydi. Demak, gips shu havzalarda ancha avval paydo bo'ladigan ximiyaviy cho'kindilar qatoriga kiradi.

2. Gipsning ancha ko'p massasi cho'kindi yotqiziqalarda yer yuzi suvlari ta'siri ostida, ustki bosim kamaygan sharoitlarda (o'rta hisob bilan 100-150 m chuqurlikkacha bo'lgan joylarda) quyidagi reaksiya bo'yicha angidritning gidratlanishi natijasida paydo bo'ladi: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Bunda jins hajmi ancha (30% gacha) kengayadi, shunga ko'ra gips qatlamlari yotgan sharoitlarda shu joy uchun xos juda ko'p va murakkab buzilishlar yuz beradi. Yer sharidagi katta gips konlarining eng ko'pi shunday yo'l bilan kelib chiqqan.

3. Yarim cahpo va sahro joylarda tarkibi juda xilma-xil bo'lgan tog' jinslarning nurash zonasida gips ingichka tomirchalar va tugunchalar (jelvak) shaklida juda ko'p topiladi. Ko'pincha, ohaktoshlarda ham unga sulfat, kislotasi yoki erigan sulfatlar bilan boyigan suvlarning ta'sir etishidan hosil bo'ladi. Nihoyat, kutilgan darajada ko'p miqdorda bo'lmasa ham, sulfid konlarining oksidlanish zonasida uchraydi.

Gap shundaki, ko'p hollarda sulfid rudalar tarkibida muayyan miqdorda pirit va pirrotin bo'lib, ularning (ayniqsa birinchisining) oksidlanishidan yer yuzidagi suvlarda sulfat kislotaning miqdori ancha ko'payadi. Suvning sulfat kislotasi bilan boyishi esa, o'z o'rnida, gipsning eruvchanligini birmuncha oshiradi. Shuning uchun ko'p konlarda gips odatda birlamchi rudalar zonasining ustida uchraydigan mineral bo'lib, darzlarda (yoriqlarda) boshqa sulfatlar bilan birga topiladi.

4. Gips tipik gidrotermal mineral holda past bosim va temperaturada hosil bo'lgan sulfid konlarda ancha kam uchraydi. Bu konlarda u, ba'zan,



3-rasm. Pachkamar uchastkasidagi Paleogen davri dolomitlari



4-rasm. Pachkamar uchastkasidagi gipsli jinslarning ochilmasi

bo'shliqlarda yirik kristallar bo'lib uchraydi va tarkibida xalkopirit, pirit, sfalerit ham boshqa minerallar aralashmasi bo'ladi. Gips o'rinda hosil bo'lgan kalsit, aragonit, malaxit, kvarts va boshqa minerallarning psevdomorfozlari bo'lgani kabi, gipsning boshqa minerallar o'rinda hosil qilgan psevdomorfozlari ham bor. Gipsning cho'kindi konlari turli davr yot-qizilari bilan bog'langan bo'lib, Pachkamar maydonidagi gips minerallari ham hosil bo'lishi bo'yicha yoritilgan jumlaning ikkinchi bandiga to'g'ri keladi (4-rasm). Gips qurilish ishlarida juda katta ahamiyatga ega hisoblanadi.

1. Model yoki naqqoshlik gipsi (chala kuydirilgan gips) quyma buyumlar, ganchband bezaklar, naqshli kamizlar ishlash uchun devor va shiplarni suvashda, xirurgiyada, qog'oz sanoatida, oq qalin qog'oz ishlab chiqarishda va boshqa maqsadlarda foydalaniladi. Qurilish ishlarida foydalaniladigan gipsda, uning miqdori 85% dan kam bo'lmasligi kerak va u sement sifatida g'isht terish hamda tosh terishda, guldor pol, zinapoya va podokonniklar uchun plita hamda g'isht tayyorlashda va boshqa maqsadlarda ishlatiladi.

2. Xom (tabiiy) gips, asosan, sement sanoatida portland-sementga qo'shish uchun qo'shimcha sifatida ishlatiladigan gipsda $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 90% dan kam bo'lmasligi kerak, haykal ishlanadigan material sifatida, har xil bezatish ishlarida (ayniqsa Ural seleniti), buyoqlar, emallar, bo'yoqlar ishlab chiqarishda oksidlangan nikel rudalarini metallurgiyada qayta ishlashda va boshqa joylarda ishlatiladi [6].

Hulosa qilib shuni aytish mumkinki, Pachkamar maydonida olib borilgan geologik qidiruv ishlari va ilmiy tadqiqot uchun syomka ishlari natijalaridan kelib chiqib ohaktosh, dolomit va gips minerallaridan sanoat ahamiyatiga molik deb topsa va zaxirasi yetarli deb aytish mumkin.

Agar ushbu hududdagi ohaktosh, dolomit va gipsli tog' jinslaridan olingan natijalarni hisobga olib, geologik-qidiruv ishlarini davom ettirsa bo'ladi.

Chunki Pachkamar maydonida ohaktosh, dolomit va gipsli jinslardan boshqa bir qancha noma'dan foydali qazilma zahiralarni topish imkoniyati mavjud.

Bibliografik ro'yxat:

1. Saidov L., Shin V.M. G'uzor va Kamashinskiy tumanlarida shisha ishlab chiqarish uchun Pachkamar va Akdaganning istiqbolli joylarida dolomitni dastlabki baholash va Qashqadaryo viloyatining Qizildaryo va Ugin hududlaridagi paleogen konlarida kvarts qumi va boshqa foydali qazilmalarni qidirish. Oqdag'oniy GESning 2004-06 yillar uchun hisoboti. – Toshkent, 2004. 18-23 betlar.
2. Abidov A.A., Ergashev Y., Qodirov M.H. Neft va gaz geologiyasi Ruscha-o'zbekcha izohli lug'at. – Toshkent: O'zbekiston Milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti, 2000. – 132 bet.
3. Betextin A. G. Mineralogiya kursi. – Moskva: Gosgeolizdat, 1951. – 543 bet.
4. Sultonov P.S., Chiniqulov X. Foydali qazilma konlarini qidirish va razvedka qilish. Darslik. – Toshkent: O'zMU, 2014. 92-93 betlar.
5. Betextin A. G. Mineralogiya kursi. Uchebnoye posobiye. – Moskva: 2010. 434-438 betlar.
6. Chiniqulov H. Litologiya. – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2008. – 150 bet.

1M63

ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ РУД ФОСФОРИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРОЙ-САРДАРА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ)



Орипов С.Г.,
докторант
кафедры «Геохимия и Минералогия» НУУз



Петров С.Ю.,
старший научный сотрудник
ГУ «ИМР»



Исокова Н.И.,
магистрант
кафедры «Геология» НУУз

Ushbu maqolada Jeroy-Sardara konining mineral tarkibini o'rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqotlar skanerlovchi elektron mikroskopda o'tkazildi va rentgen-fluoresan tahlillari ham o'tkazildi. Olingan ma'lumotlar fosforli minerallar, sulfidlar, mahalliy va noyob elementlarning mineralarini aniqlash imkonini berdi, ularning ba'zilari hudud uchun yangi.

Tayanch iboralar: fosforitlar, Jeroy, Sardara, Toshkurin depressiyasi, fosfatlar, REE, o'rt'a eotzen, skanerlovchi elektron mikroskop, organik qoldiqlar, frankolit.

В данной работе представлены результаты изучения вещественного состава Джерой-Сардаринского месторождения. Исследования проводились на электронном сканирующем микроскопе, а так же был проведён рентгенофлуоресцентный анализ. Полученные данные позволили выделить фосфорсодержащие минералы, сульфиды, минералы самородных и редких элементов, некоторые из которых оказались новыми для данной территории.

Ключевые слова: фосфориты, Джерой, Сардара, Ташкуринская впадина, фосфаты, РЗЭ, средний эоцен, сканирующий электронный микроскоп, органические остатки, франколит.

Джерой-Сардаринское месторождение зернистых фосфоритов расположено в межгорных впадинах Кызылкумского района в Сардаринской и Ташкуринской впадинах.

Месторождение состоит из трёх участков: Джерой, Сардара, Ташкура, последний из которых разрабатывается до сегодняшнего дня (рис. 1).

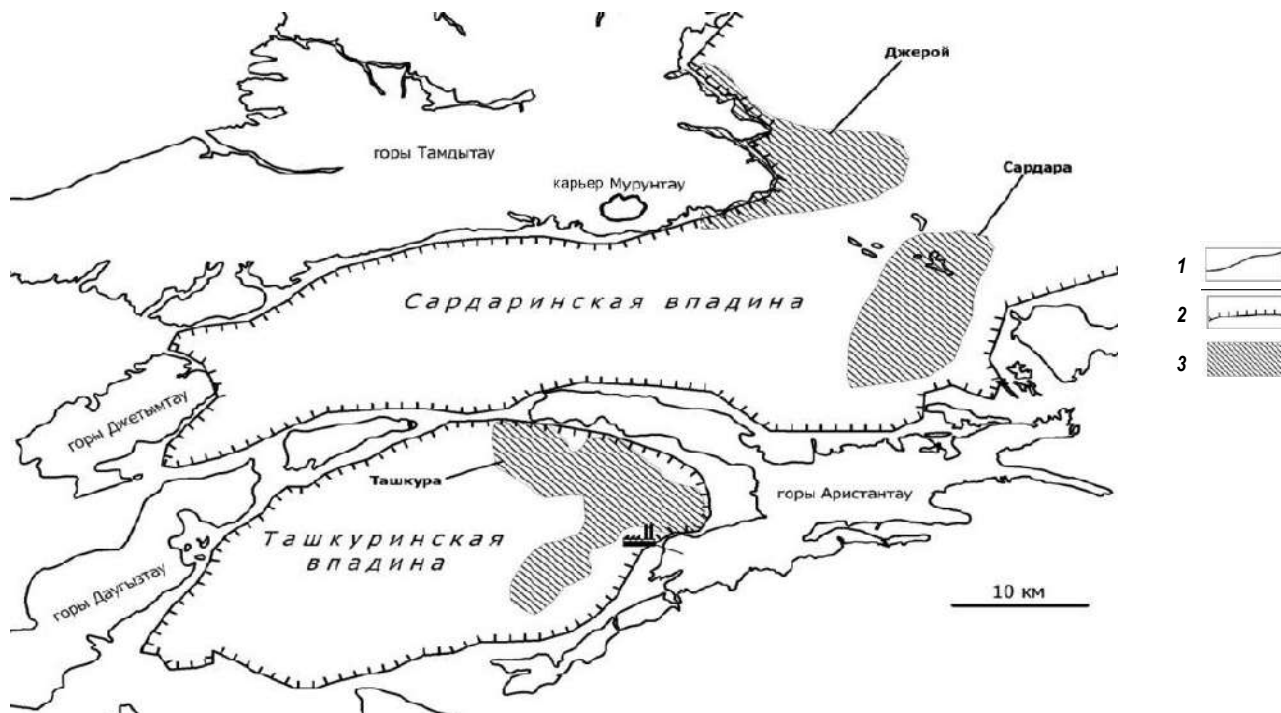


Рис. 1. Фосфоритовые залежи межгорных впадин Центральных Кызылкумов (по материалам Соколова С.И., Попова В.С., и др. с дополнениями Антонова А.Е. и Орипова С.Г.): 1 – палеозойские обнажения; 2 – границы впадин; 3 – участки месторождения Джерой-Сардара

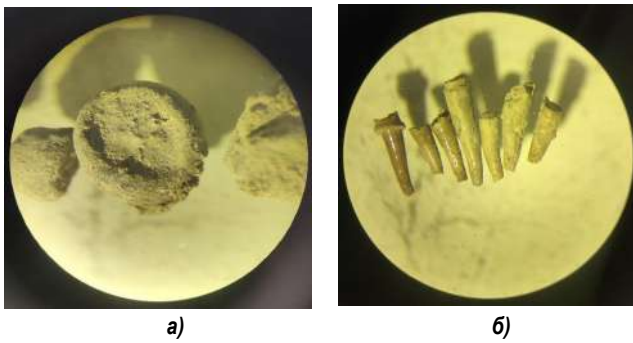


Рис. 2. Фораминиферы (слева) и зубы акул (справа) эоценового возраста. Фото Орипова С.Г.

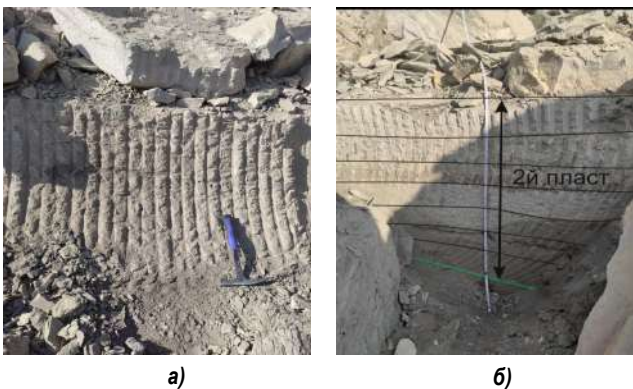


Рис. 3. Пласты зернистых фосфоритов: а – 1-й пласт (мощность 80 см); б – 2-й пласт (мощность 70 см). Фото Орипова С.Г.

По работам таких исследователей как Бойко В.С., Попов В.С., Жданов Б.Л., Каськов Г.А., Образцов А.И., Дерюгин Е.К. и др. принято считать, что процесс формирования фосфоритовых месторождений связан с активизацией тектоно-вулканической активности оро-

генной системы Тетиса и связанного с ней эпиконтинентального морского бассейна Средней Азии [1-4].

Поступление в воды и осадки морского бассейна фосфора связано с вулканическими выбросами, доказательством этому служат прослой бентонитовых глин с реликтами пепловой структуры в нижнем пласте фосфоритов среднего эоцена. Туфогенный пепловый материал предположительно спровоцировал массовую гибель растений и морских микроорганизмов (Дерюгин Е.К., 2015). Впоследствии происходил разнос фосфатов биосом и глубинными течениями, с образованием зон пересыщения морских вод фосфатами. По органическим остаткам среднего эоцена можно увидеть, что органические остатки покрыты фосфоритовым материалом, но основная масса все же во вмещающей массе породы (рис. 2). Определение органических остатков (фораминиферы, зубы акул) произведено Колдыбековым О.Я. и Абдуазимовой И.М. (ГУ «ИМР» и ГУП «Регионалгеология»).

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) основное количество P_2O_5 сконцентрировано во вмещающей массе, которая в основном состоит из глинистых известняков (рис. 3).

По минералогическим исследованиям предыдущих исследователей основным минералом – носителем концентрата P_2O_5 является франколит [3].

Также определены минералы фторапатит, апатит, коллофан, гидроксилapatит, карбонатапатит, карбонатфторапатит, курскит, самородная медь, гетит, кальцит, кварц, галит, пирит [2-5]. Кроме того, по результатам химанализа в своих работах Кадыров А. и Дерюгин Е. [6] дали рекомендации на исследование зернистых фосфоритов на редкие и редкоземельные элементы. Мы в свою очередь попытались подтвердить их предположения и найти формы нахождения вышеперечисленных элементов.

Полевые работы проведены в Ташкуринской впадине, где разрабатывается месторождение Джерой-Сардара. Образцы были взяты из карьера, где ведется добыча фосфорита.

В карьере выделены отдельные секторы, где обрабатываются по отдельности второй пласт и первый пласт.

Образцы для минералогических исследований отобраны из первого и второго пластов зернистых фосфоритов с промышленными значениями от 18 до 26-32% P_2O_5 (рис. 3).

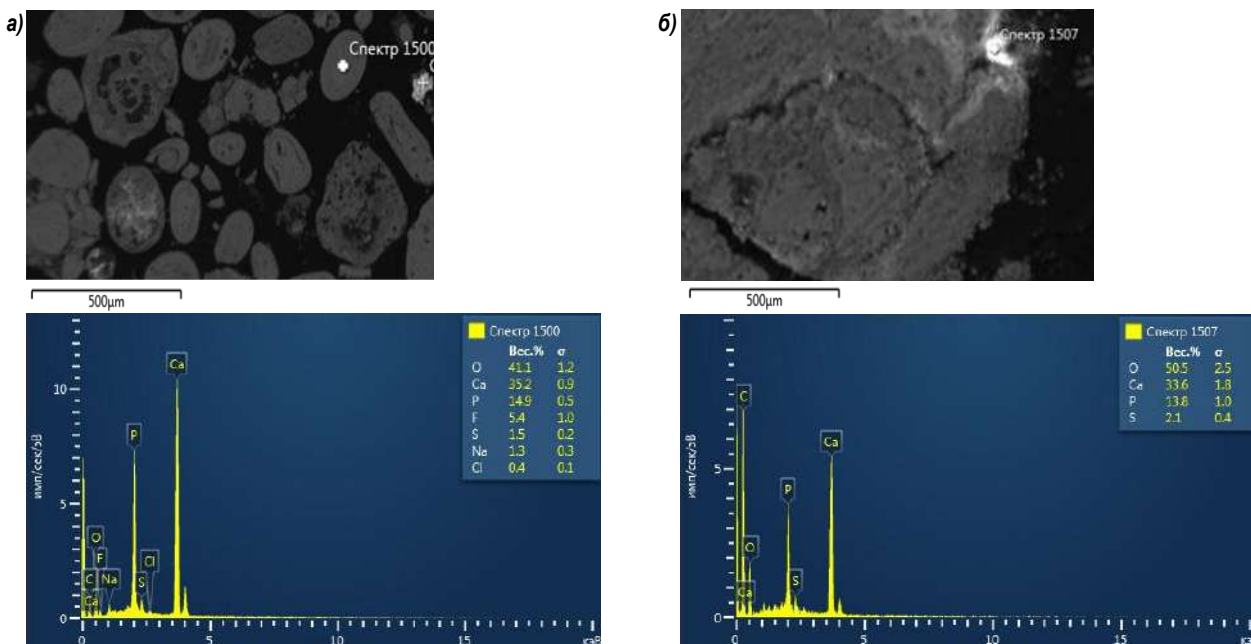


Рис. 4. Франколит (а) и вилкеит (б) в глинистых известняках

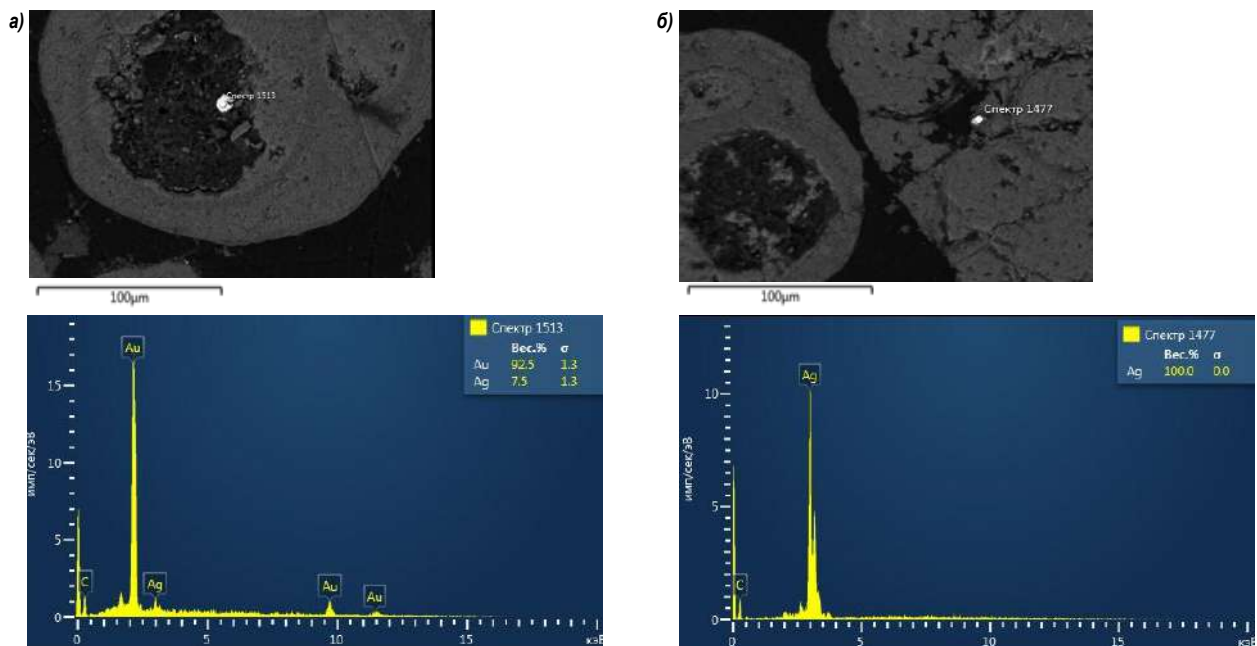


Рис. 5. Самородное золото (а) и серебро (б) в франколите

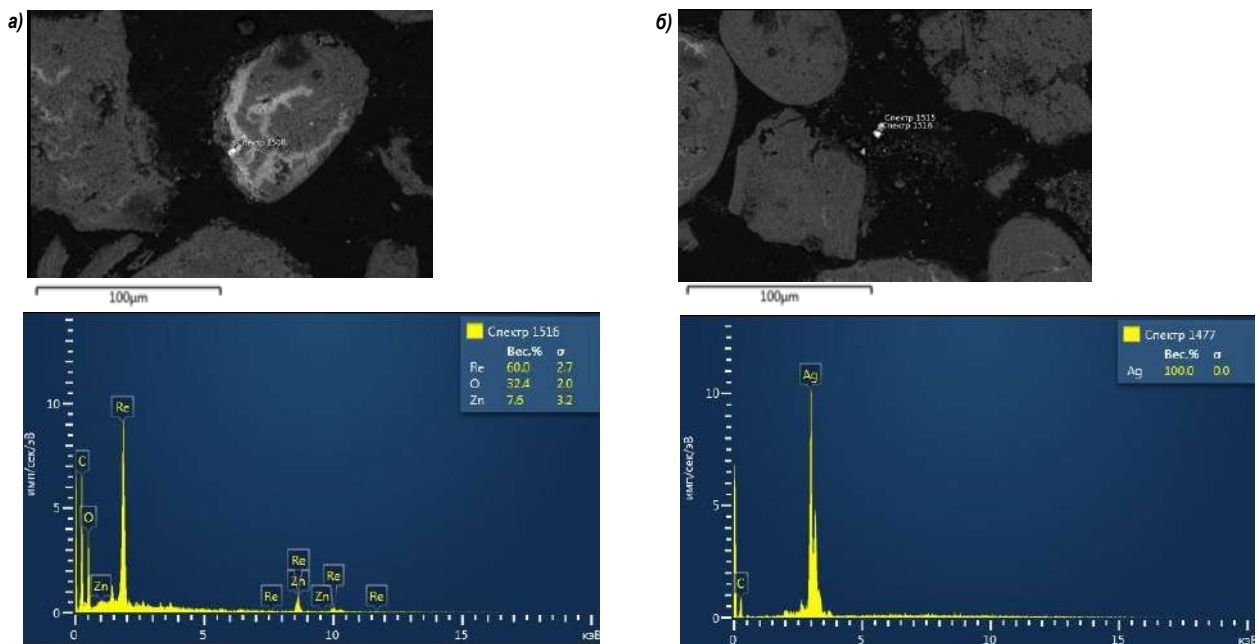


Рис. 6. Шеелит (а) и оксид рения (б)

Для определения самостоятельных минералов фосфора образцы были раздроблены, просеяны через сито и поделены на разные по granulometriи фракции.

Как оказалось, соединения фосфора были в мелкой фракции (0,5 мм <) и отбор монофракций не представлялся возможным из-за очень малых размеров, а при промывке соединения фосфора уходили в раствор.

По двум брикетам по определениям сканирующего электронного микроскопа получены следующие результаты:

– из фосфорсодержащих минералов нами было определены: франколит (рис. 4), хлорапатит, фторапатит, элестадит, гидроксипатапатит и вилкеит (рис. 3);

– из самородных элементов: золото, серебро, медь (рис. 5).
 – из минералов редких элементов: шеелит, оксид рения (рис. 6);
 – из сульфидов: пирит, пирротин, сфалерит (рис. 7);
 – также были определены минералы: галит, барит, анортит, монтмориллонит и мелаконит.

Ранее в работах Образцова А.И. и других [2, 3] утверждалось, что главным рудным минералом месторождения Джерой-Сардара является франколит с попутным фтором и ураном, но в данных исследованиях минералы урана и редкоземельных элементов обнаружены не были.

По итогам наших работ можно сказать, что пентаокись фосфора встречается в глинистых известняках среднего эоцена по всей

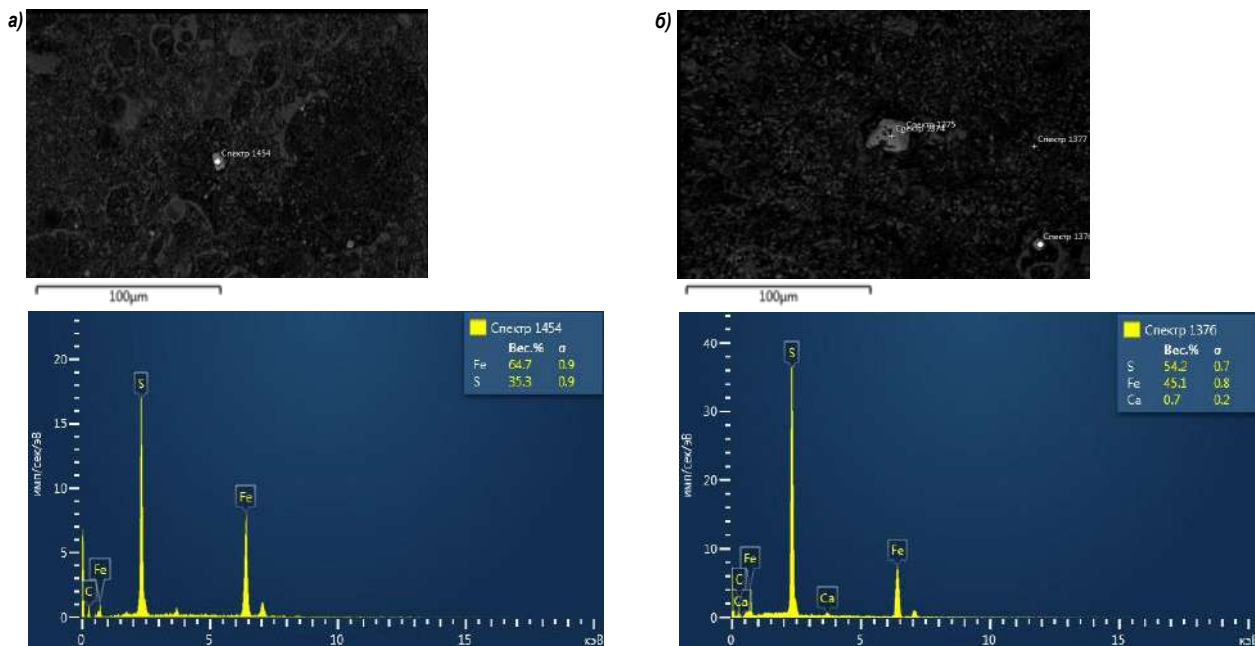


Рис. 7. Зерна пирротина (а) и пирита (б)

массе. Органические остатки имеют фосфоритовый налет, и, в сравнении с фосфоритовым пластом без органики имеет меньшее количество фосфора. Из полученных анализов были определены новые, ранее не найденные для этой территории минералы: само-

родное золото, серебро, элестадит, вилкеит, барит, шеелит, оксид рения, пирротин, сфалерит и др. Редкоземельные минералы не обнаружены предположительно из-за наноминеральной размерности.

Библиографический список:

1. Бойко В.С., Шабанина Н.В., Ильяшенко В.Я. Петрографическая характеристика зернистых фосфоритов средней Азии. Тез. докл. Всесоюзного семинара «Вещественный состав фосфоритов». – Новосибирск: «Наука», 1979. – С. 158-164.
2. Касьяков Б.А. Генезис и закономерности локализации зернистых фосфоритов Джерой-Сардаринского месторождения (Центральные Кызылкумы). Сборник научных статей САИГИМС «Геологические закономерности размещения и формирования полезных ископаемых Тянь-Шаня». – Ташкент, 1985. – С. 87-92.
3. Образцов А.И., Норкин Н.А., Тарзиев Р.А. и др. Горно-геологические особенности разработки участка Ташкура Джерой-Сардаринского фосфоритового месторождения // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2001 г. Вып. № 1. – С. 17-19.
4. Попов В.С. Геология и генезис эоценовых глин и глинисто-карбонатных пород Кызылкумского фосфоритового бассейна // Сборник научных трудов. САИГИМС. – Ташкент, 1989. – С. 18-26.
5. Аликин О.В., Чумаков А.В., Рудашевский В.Н. и др. Особенности минералогии фосфатов в рудах зернистых фосфоритов Джерой-Сардаринского месторождения (Республика Узбекистан), 2021. URL: http://steklosouz.ru/news/ooo_koralayna_inzhiniring_osobennosti_mineralogii_fosfatov_v_rudah_zernistykh_fosforitov_dzheroy_sardarinского_mestorozhdeniya_respublika_uzbekistan.
6. Кадьиров А.А. Концептуальные основы стратегии инновационного развития Кызылкумского региона. – Т.: ИПТД, 2013. – 394 с.

ПОПУТНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА ПРИ БАКТЕРИАЛЬНОМ ОКИСЛЕНИИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИДОВ



Эргашев У.А.,
заместитель начальника отдела
по гидрометаллургическому комплексу
Технологического отдела
АО «НГМК», д.т.н., доц.



Санакулов У.К.,
главный технолог
ООО «KAOLIN PLUS», PhD

«Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ (NKMK) oltin sulfid xomashyosini qayta ishlashda biooksidlanish texnologiyasidan foydalanadi. Sulfidli minerallarning oksidlanishi jarayonida temir biokek pulpasining suyuq fazasiga o'tadi, bu uning keyingi siyanidlanishi paytida zararli nopoklikdir. Temirni olib tashlash uchun biooksidlanish keki qarshi oqim dekantatsiyasi (PTD) bilan yuviladi, temir o'z ichiga olgan PTD ning chiqishi neytrallanadi va qoldiqlarga tashlanadi. Oldingi ishlarda PTD drenajidan temir ishlab chiqarish usuli ishlab chiqilgan bo'lib, uni ishlab chiqarishga joriy etish ushbu drenajda oltin izlari mavjudligi bilan murakkablashadi. Ushbu maqolada PTD drenajidan oltin qazib olish bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

Tayanch iboralar: oltin, temir, biokek, sulfidli minerallar, pulpa, qarama-qarshi oqimlarni zararsizlantirish, biooksidlanish, toshib ketish, qoldiq.

В АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (НГМК) для переработки золотосульфидного сырья применяется технология биоокисления. В процессе окисления сульфидных минералов железо переходит в жидкую фазу пульпы биокека, которое является вредной примесью при последующем его цианировании. Для удаления железа кек биоокисления отмывают методом противоточной декантации (ПТД), слив ПТД содержащий железо нейтрализуется и сбрасывается в хвосты. Ранее проведенными работами разработан способ получения железа из слива ПТД, внедрение в производство которого осложнено наличием следов золота в данном стоке. В настоящей статье приводятся результаты исследований по извлечению золота из слива ПТД.

Ключевые слова: золото, железо, биокек, сульфидные минералы, пульпа, противоточная декантация, биоокисление, слив, хвосты.

Ярким примером бактериального окисления золотосодержащих сульфидов является Гидрометаллургический завод № 3 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (ГМЗ-3 НГМК), где в качестве предварительной обработки золотосульфидного сырья применяется технология биоокисления.

В процессе окисления сульфидных минералов, железо наряду с другими компонентами переходит в жидкую фазу пульпы биокека, которые являются вредными примесями при последующем его цианировании. Для удаления этих примесей кек биоокисления отмывают методом противоточной декантации (ПТД).

Слив ПТД, с которым уносится железо, нейтрализуется и осадок вместе с железом сбрасывается в хвостохранилище.

Авторами работы [1] разработан патент на способ получения железа со слива ПТД в виде готового продукта. Внедрению данного способа в производство препятствует наличие следов золота в этих стоках.

Поиск решений извлечения золота из данных стоков производства актуально по двум причинам:

– снижение количества безвозвратных потерь золота, т.к. стоки отмывки биокека после нейтрализации являются сбросными отходами;

– обеспечивается возможность попутного извлечения железа из сбросных стоков.

Ранее проведенными исследованиями для извлечения золота со стоков отмывки биокека предпринимались различные способы: пропускали слив ПТД через колонку с активированным углем и

ионообменной смолой, проводили опыты по извлечению на углеродно-волокнистом материале, обогащали на центрифуге, пробовали экстракцию с применением различных экстрагентов, применялся метод соосаждения с гидроксидами нейтрализацией и многое другое [2, 3]. Однако получить удовлетворительные результаты не удалось.

В результате дальнейших исследований и на основе изучения закономерностей поведения золота в процессе отмывки продукта биоокисления установлено его присутствие в сливе противоточной декантации в коллоидной форме. Анализ современной литературы [4] показал, что на многих предприятиях для очистки сточных вод успешно применяют мембранные методы, к которым относят картриджные фильтры, ультрафильтрацию, нанофильтрацию, обратный осмос.

Данная технология используется для удаления твердых частиц и микробных загрязнителей, но она не удаляет ионы и небольшие молекулы. Следовательно, данные методы могут быть эффективными при извлечении золота из слива противоточной декантации. Для определения принципиальной возможности его применения проведены экспериментальные работы по разделению на отдельные компоненты (золото и железо) слива ПТД.

Опыты по разделению проводились на экспериментальной установке представленной на рис. 1 и осуществлялось фильтрацией слива ПТД через картриджный фильтр.

При этом изучали исходный состав слива ПТД, пропускаемого через установку, и жидкую фазу после каждого этапа фильтрации.

В связи с низкой концентрацией золота в сливе ПТД (ниже предела обнаружения спектрометра) его содержание определяли в твердом остатке после нейтрализации слива. Для нейтрализации слива ПТД в раствор добавляли кальцинированную соду. При этом рН слива доводилось до ~6.

В исходном сливе ПТД содержание золота составило 0,21 г/т, концентрация железа 12 мг/л. После фильтрации содержание золота снизилось до 0,13 г/т, концентрация железа осталась без изменения.

Картриджный фильтр, имеющий размер пор 5 мкм, частично улавливал золото, при этом концентрация железа после фильтрации оставалась на исходном уровне.

Так как, на картриджном фильтре золото удалось частично уловить, решено было провести эксперименты с применением бентонитового порошка. Предполагалось, что бентонитовый порошок может быть эффективен при фильтрации, усиливая разделительную способность фильтров.

Для этого, в ёмкость объемом 1 м³ (рис. 1) был залит раствор бентонита концентрацией 1% и при помощи насоса в течение 30 мин был пропущен через картриджный фильтр.

После этого, картриджный фильтр был вскрыт и установлено, что на поверхности фильтрующих элементов картриджного фильтра образовался слой бентонита толщиной 1,0-2,0 мм. Далее, ёмкость объемом 1 м³ была промыта и заполнена сливом ПТД. Далее провели циклы пропускания кислых стоков (слив ПТД) через установку фильтрации. Результаты представлены в табл. 1.

Таким образом, фильтрация слива ПТД через картриджный фильтр с применением бентонитового порошка оказалась эффективной при извлечении золота.

Содержание золота до и после фильтрации составило 0,25 и 0,04 г/т, соответственно. Железо осталось в фильтрате практически без изменения.

При проведении эксперимента было установлено, что бентонитовый слой на картриджном фильтре снижает пропускную способность фильтра.

В поисках решения вопроса по фильтрации с заданными показателями по разделению и при этом необходимой пропускной способностью оптимальной для нашего случая определена ультрафильтрация.

Ультрафильтрация (УФ) представляет собой разделение компонентов в исходном растворе под давлением. УФ это мембранный процесс, разделяющий молекулы в растворе в зависимости от их

размера. Срок службы ультрафильтрационных мембран составляет от трех до пяти лет или более, что сопоставимо с мембранами обратного осмоса. УФ модули применяются в производстве в виде трубчатых, полволоконных, плиточно-рамных контуров, а также контуров со спиральной намоткой.

Эксперимент, проведенный с использованием ультрафильтрационного модуля с размером ячеек фильтра 0,03 мкм (без использования бентонита) показал аналогичный результат (содержание Au 0,25 и 0,04 г/т до и после ультрафильтрации соответственно при неизменной концентрации железа), подтвердив тем самым результат предыдущего эксперимента с бентонитом.

Также, эксперимент, проведенный на реальных растворах слива ПТД, показал удовлетворительные результаты по пропускной способности фильтра.

Таким образом, проведенные эксперименты показали практическую возможность извлечения золота из кислых стоков ПТД с применением процесса ультрафильтрации.

Исследования и промышленные испытания, проведенные на реальных растворах слива ПТД, указывают, что выбором размера пор мембран можно достичь полного улавливания золота.

Таблица 1
Значения осреднения свойств пород

№	Наименование пробы	Жидкая фаза			Расход Na ₂ CO ₃ г/л	рН нейтрализации	Содержание Au в твёрдой фазе г/т
		плотность слива	рН	Fe ³⁺ г/л			
Эксперимент 1	Слив ПТД	1045	1,24	11,8	36,5	6,08	0,21
	Слив ПТД после фильтрации бентонитом	1042	1,24	12,0	36,8	5,98	0,04
Эксперимент 2	Слив ПТД	1045	1,25	12,0	36,5	6,02	0,25
	Слив ПТД после фильтрации бентонитом	1042	1,28	11,8	36,0	6,02	0,04

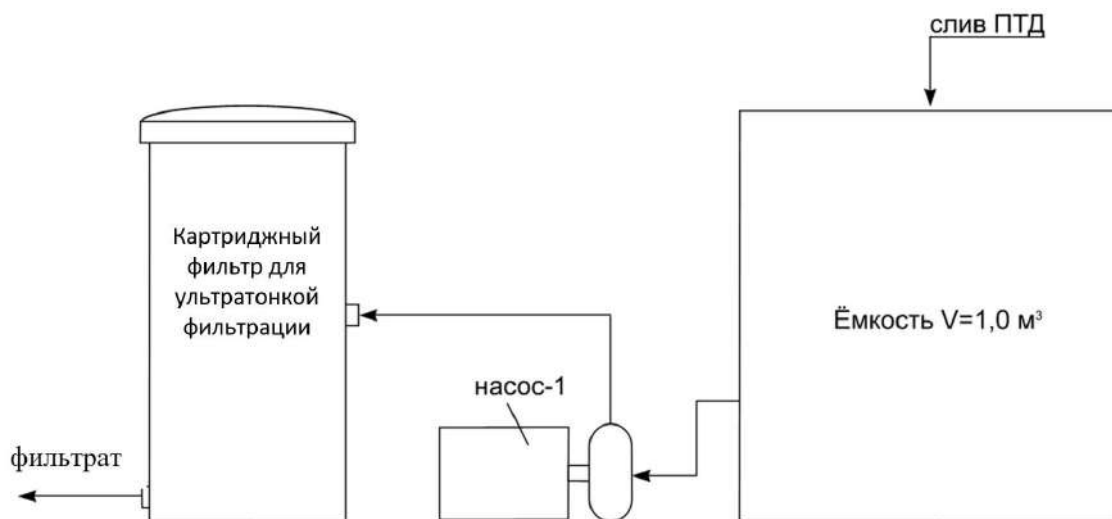


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

Библиографический список:

1. Санакулов У.К., Тажибаев Д.Ю. Способ переработки кислых сбросных растворов процесса биоокисления сульфидных флотоконцентратов // Патент на полезную модель № ФАП 01329, 2018.
2. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. – Т.: ГП «НИИМР», 2014. – 297 с.
3. Санакулов К.С., Мустакимов О.М., Ахатов Н.А., Гасанов А.С. Совершенствование технологии противоточной промывки декантера шламом BIOX в НГМК // Европейские прикладные науки. – №11. – Германия, 2015. – С. 57-61
4. Сидорова Л.П. Методы очистки промышленных и сточных вод. Выпуск II. ФГАОУ ВПО УрФУ, 2015 г. – С. 48-47.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 1 (92) pp. 46-48

CO-EXTRACTION OF IRON FROM BACTERIAL OXIDATION OF GOLD-BEARING SULPHIDES

¹Ergashev U.A., Deputy Head of the Department for the Hydrometallurgical Complex, Doctor of Technical Sciences, Assistant professor.

²Sanakulov U.K., Chief Technologist, PhD.

¹JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine». Navoi, Uzbekistan.

²«KAOLIN PLUS» LLC.

JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company» (NMMC) uses bio-oxidation technology to process gold-sulphide feedstock. In the process of oxidation of sulphide minerals, iron is transferred to the liquid phase of the bio-cake pulp, which is a harmful impurity in its subsequent cyanidation. To remove ferrous iron the bio-oxidation cake is washed by counterflow decantation (CCD), the CCD effluent containing ferrous iron is neutralised and discharged into the tailings. Earlier investigations have developed a method of obtaining iron from the CCD effluent, the implementation of which is complicated by the presence of traces of gold in this effluent. This paper presents the results of investigations on extraction of gold from CCD effluent (countercurrent decantation).

Keywords: gold, ferrous iron, bio-cake, sulphide minerals, pulp, countercurrent decantation, bio-oxidation, drain, tailings.

Bibliographic list:

1. Sanakulov U.K., Tazhibaev D.Yu. Method for processing acidic waste solutions of the process of biooxidation of sulfide flotation concentrates // Patent for utility model No. FAP 01329, 2018.
2. Sanakulov K.S., Ergashev U.A. Theory and practice of mastering the processing of gold-bearing refractory ores in the Kyzylkum. – T.: SE «NIIMR», 2014. – 297 p.
3. Sanakulov K.S., Mustakimov O.M., Akhatov N.A., Gasanov A.S. Improving the technology of countercurrent washing of the decanter with BIOX sludge at NMMC // European applied sciences. – No.11. – Germany, 2015, pp. 57-61.
4. Sidorova L.P. Methods of purification of industrial and waste waters. Issue II. FGAOU VPO UrFU, 2015, pp. 48-47.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СУЛЬФИДНО-СУРЬМЯНОГО КОНЦЕНТРАТА ХЛОРИРУЮЩИМ ОБЖИГОМ



Рахимов Х.Ш.,
старший преподаватель,
соискатель факультета
«Металлургия»
Горно-металлургического института
Таджикистана



Эшов Б.Б.,
директор
Центра по исследованию
инновационных технологий НАНТ,
д.т.н.



Бадалов А.Б.,
профессор кафедры
«Общая и неорганическая химия»
Таджикского технического
университета им. М.С. Осими,
д.т.н., чл.-корр. НАНТ



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

Mexanik faollashtirilgan sulfid-surma konsentratlarini natriy xlorid bilan kuydirish yo'li bilan xlorlash orqali qayta ishlashning oqilona usuli taklif qilingan va ishlab chiqilgan. Konsentratni qayta ishlash uchun optimal sharoitlar aniqlanadi, bu esa surma olishning yuqori darajasiga erishish imkonini beradi.

Tayanch iboralar: sulfid-surma konsentrati, mufel pechi, kuydirish harorati, xlorli kuydirish, shartlar, olish darajasi, bog'liqlik grafigi, surmani olish, optimal rejim, qayta ishlash jarayoni.

В данной статье предложен разработанный рациональный метод переработки предварительно механоактивированных сульфидно-сурьмяных концентратов путём хлорирующего обжига хлоридом натрия. Определены оптимальные условия переработки концентрата, позволяющие достичь более высокую степень извлечения сурьмы.

Ключевые слова: сульфидно-сурьмяной концентрат, муфельная печь, температура обжига, хлорирующий обжиг, условия, степень извлечения, график зависимости, извлечение сурьмы, оптимальный режим, процесс переработки.

Подтвержденные мировые запасы сурьмы составляют 3,9 млн. т, Таджикистан по запасам данного сырья занимает третье место (после Китая и Таиланда) в Азии и первое – среди стран СНГ.

При пирометаллургическом способе переработки минеральных руд широко применяется хлорирующий обжиг [1-5], как эффективный метод, позволяющий проводить процесс при относительно оптимальных условиях и достичь более высокую степень извлечения основного продукта.

Эффективность пиро- и гидрометаллургических способов переработки минеральных руд возрастает при механической активации исходного сырья [6]. Механическая обработка минеральных руд приводит не только к «уменьшению размера частиц, к разрыву химических связей, удерживающие ее как единое целое, и обнажается ювенильная, т.е. «свежая» поверхность, богатая активными центрами...» [7].

В работах [8] приведены сведения о результатах механической активации высокосортных сульфидно-сурьмяных концентратов на производстве. Определены влияние следующих факторов: степень заполнения внутреннего пространства (Z-объем) мельницы-активатора (ЛАИР-015), соотношение масс шаров и концентрата ($M_{ш}:M_k$), продолжительность механической обработки концентрата. Установлены оптимальные условия механической обработки концентрата. Степени растворения сурьмосодержащих соединений активированного концентрата в 25% масс. водном растворе NaOH почти в два раза больше по сравнению с неактивированным.

В работе приведены результаты исследования процесса переработки предварительно механически активированного сульфидно-сурьмяного концентрата на производстве хлорирующим обжигом.

В качестве хлорирующего агента использован хлорид натрия, природные запасы которого огромны в недрах Республики Таджикистан.

Исходный сульфидно-сурьмяной концентрат, определённого помола, имеет фазовый состав: стибитит Sb_2S_3 —49% масс.; сульфаты оксида сурьмы $Sb_6O_7(SO_4)_2$ – 19,5%, SbS_2 ~ 30%, Sb_2S_3 – 18,12%, Hg – 0,58%.

Смесь сульфидно-сурьмяного концентрата с хлоридом натрия, равномерно размещённая в керамическую лодочку помещается в муфельную печь марки (СНОЛ) ПЛ 5/12,5, позволяющая достичь температуру до 1400°C. Для определения химической основы, процесс окислительно-хлорирующего обжига сульфидно-сурьмяного концентрата проведён на установке, изображённой на рисунке 1. По достижению соответствующего режима, в систему подавался воздух с определенной скоростью 1 л/ч. Процесс обжига полученной смеси проведен при следующих условиях:

- при разных температурах обжига образца в интервале $T = 300 \div 700^\circ C$ (с шагом варьирования $\Delta T = 50^\circ C$) и постоянстве соотношения массы концентрата (m_1, g) и хлорида натрия (m_2, g), равное $m_1/m_2 = 4/1$ и одинаковом времени ($\tau = 120$ мин) выдержки;

- при одинаковой температуре ($T = 450^\circ C$) и постоянстве соотношений компонентов смеси ($m_1/m_2 = 4/1$), но с разным временем выдержки обжига образца ($\tau, мин$) от 30 до 210 мин, с шагом $\Delta \tau = 30$ мин;

- при разных соотношениях компонентов смеси (m_1/m_2) и постоянстве температуры ($T = 450^\circ C$) и времени выдержки ($\tau = 120$ мин).

Фазовый состав конденсированного продукта хлорирующего обжига концентрата установлен методом рентгенофазового анализа (Дрон-3.0 Cu-анод; Ni-фильтр) состоявшего в основном из $SbCl_3$ -49,55% и Sb_2O_4 -25% масс., которые легко перерабатываются и технологически выгодные. Наблюдается выделение соединений сурьмы в виде возгона, состоящего из хлорида ($SbCl_3$), оксидов ($Sb_2O_4, NaSb_5O_{13}$), оксохлоридов (Sb_3O_4Cl) и Na_2SO_4 , которые оса-

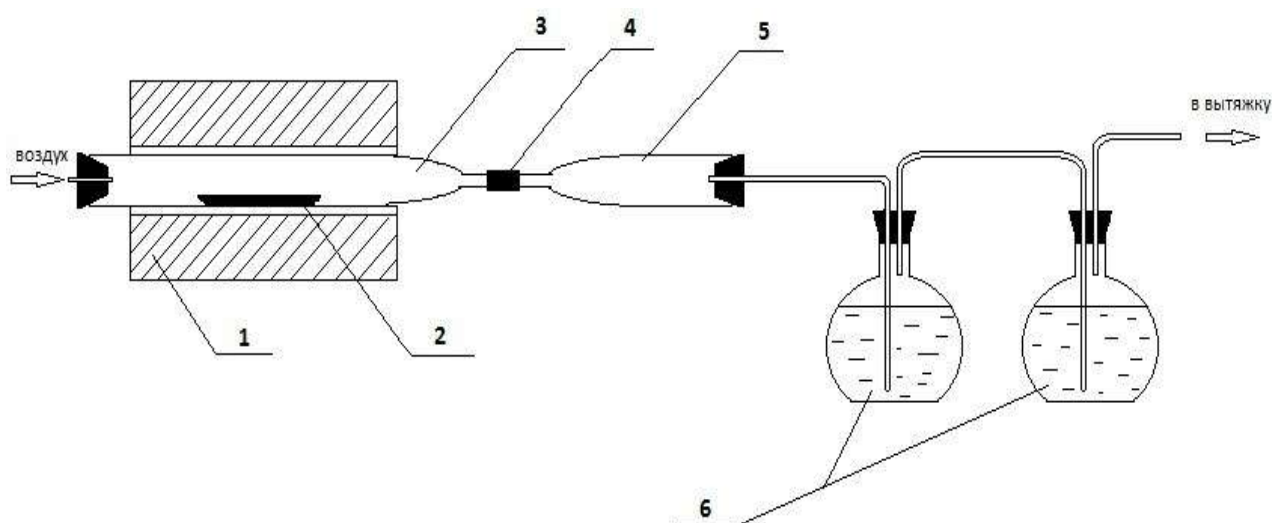


Рис. 1. Установка для окислительно-хлорирующего обжига сурьмяных руд: 1 – поворотная трубчатая печь; 2 – лодочка с шихтой; 3 – реактор для обжига; 4 – соединительное устройство; 5 – пылеулавливающая камера (конденсатор); 6 – абсорберы

ждаются на холодную часть трубки конденсатора. Конденсат, образующийся в виде золотистых кристаллов, при остывании приобретает тёмно-зелёный цвет. Газообразные продукты обжига (SO_2 и др.) улавливаются в абсорберах.

На рис. 2 изображён график зависимости степени образования хлорида сурьмы (α , %) от времени выдержки обжига шихты, при

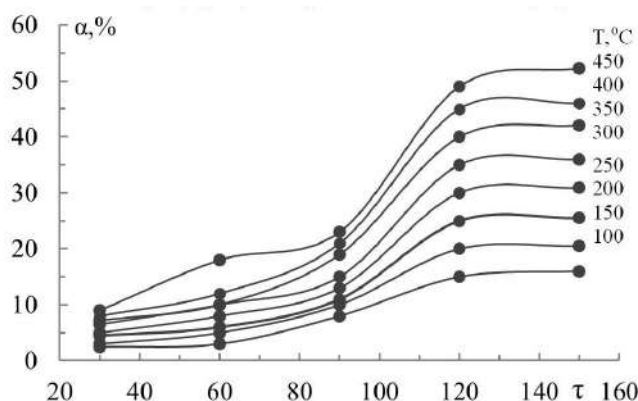
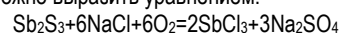


Рис. 2. График зависимости образования SbCl_3 от времени (τ) выдержки обжига концентрата при постоянной температуре и состава шихты

неизменности температуры и исходного состава шихты ($m_1 / m_2 = 1/4$) изученной в интервале температур (100–450)°C. Эта зависимость наглядно (рис. 2) показывает, что процесс извлечения сурьмы из активированного концентрата можно распределить на три периода – начальный (I), главный (II) и конечный (III). Начальный период (до 90 мин времени выдержки обжига шихты) сопровождается слабым ростом извлечения хлорида сурьмы в пределах $\Delta\alpha = 10\%$. Главный период сопровождается значительным выходом продукта ($\Delta\alpha = 30\%$) достигается в течение 90–120 мин.

Определён оптимальный режим обжига концентрата, позволяющий достичь максимальный переход из сульфидно-сурьмяной в хлоридно-сурьмяную форму. Процесс окислительно-хлорирующего обжига основного компонента Sb_2S_3 механоактивированного сульфидно-сурьмяного концентрата в присутствии кислорода воздуха можно выразить уравнением:



В связи с вышеизложенным, можно утверждать следующие важные преимущества разработанного процесса переработки сернисто-сурьмяных концентратов:

- применение местных минеральных, относительно дешёвых компонентов (NaCl) в процессе переработки сернисто-сурьмяных концентратов;
- достижение более низкой температуры процесса обжига с высоким извлечением основного продукта в виде соединений, которые легко перерабатываются при процессе электролиза;
- достижении минимизации экологического ущерба.

Библиографический список:

1. Мельников С.М., Розловский А.А., Шуклин А.М. и другие. Сурьма. – М.: Metallurgia, 1977. – 536 с.
2. Александров П.В., Медведев А.С., Кадыров А.А., Имидеев В.А. Переработка молибденовых концентратов с использованием низкотемпературного окислительно-хлорирующего обжига // Известия вузов. – № 1. – М.: Цветная металлургия, 2014. 12–16 с.
3. Александров П.В., Медведев А.С., Кадыров А.А. Взаимодействие молибденита с хлоридом натрия при нагреве. НИТУ «МИСУ», ISSN 0372-2929. Цветные металлы, №12. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. – С. 73–77.
4. Chakravorty M., Srikanth S. Kinetics of salt roasting of chalcopyrite using KCl . *Thermochimica Acta*, 2000. – Vol. 362, N 1/2, pp. 25–35.
5. Chakravorty M., Srikanth S. Non-isothermal thermoanalytical studies on the salt roasting of chalcopyrite using KCl . – *Ibid.* 2001. – Vol. 370. N ½, pp. 141–148.
6. Богатырёва Е.В. Развитие теории и практики эффективного применения механоактивации в технологии гидрометаллургического вскрытия кислородосодержащего редкометалльного сырья: Дисс. ...д.т.н. – Москва, 2015. – 331 с.
7. Кодиров А.А., Рахимов Х.Ш., Бадалов А.Б. Механическая активация сульфидно-сурьмяных концентратов. Докл. НАНТ, 2021, т.64, № 7–8. – С. 460–465.
8. Рахимов Х.Ш., Кодиров А.А., Бадалов А.Б. Хлорирующий обжиг механоактивированных сульфидных концентратов сурьмы хлоридом натрия. Докл. НАНТ, 2021. – Т. 64. – № 9–10. – С. 583–587.

EFFICIENT TECHNOLOGY FOR PROCESSING SULPHIDE-ANTIMONY CONCENTRATE BY CHLORINATION ROASTING

¹Rakhimov Kh. Sh., Senior Lecturer, Researcher.

²Eshov B. B., Director, Doctor of Technical Sciences.

³Badalov A. B., Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, Doctor of Technical Sciences, Corr. NANTES.

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

¹Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan. Chkalovsk, Tajikistan.

²Center for Research of Innovative Technologies of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Dushanbe, Tajikistan.

³Tajik Technical University named after M.S. Osimi. Dushanbe, Tajikistan.

This paper proposes a rational method for processing pre-mechanically activated sulphide-antimony concentrates by a chlorination roasting with sodium chloride. Optimum conditions for concentrate processing which allow achieving a higher degree of antimony extraction are determined.

Keywords: antimony sulphide concentrate, muffle furnace, roasting temperature, chlorination roasting, extraction degree, dependence diagram, antimony extraction, optimum mode, technological process.

Bibliographic list:

1. Melnikov S.M., Rozlovsky A.A., Shuklin A.M. other. Antimony. – M.: Metallurgiya, 1977. – 536 p.
2. Aleksandrov P.V., Medvedev A.S., Kadyrov A.A., Imideev V.A. Processing of molybdenite concentrates using low-temperature oxidation-chlorination roasting. Izvestiya vuzov. – No. 1. – M.: Tsvetnaya metallurgiya, 2014. 12-16 p.
3. Aleksandrov P.V., Medvedev A.S., Kadyrov A.A. Interaction of molybdenite with sodium chloride during heating. NUST MISIS, ISSN 0372-2929. Non-ferrous metals, No. 12. – M.: Publishing house «Ruda i metally», 2012. 73-77 p.
4. Chakravorty M., Srikanth S. Kinetics of salt roasting of chalcopyrite using KC1. Thermochimica Acta, 2000. – Vol. 362, N 1/2, 25-35 p.
5. Chakravorty M., Srikanth S. Non-isothermal thermoanalytical studies on the salt roasting of chalcopyrite using KC1. – Ibid. 2001. - Vol. 370. N ½, pp. 141-148.
6. Bogatyreva E.V. Development of the theory and practice of effective application of mechanical activation in the technology of hydrometallurgical opening of oxygen-containing rare-metal raw materials: Diss. ... d.t.s. – Moscow, 2015. – 331 p.
7. Kodirov A.A., Rakhimov Kh.Sh., Badalov A.B. Mechanical activation of sulfide-antimony concentrates. Report NANT, 2021, vol. 64, no. 7-8, pp. 460-465.
8. Rakhimov Kh.Sh., Kodirov A.A., Badalov A.B. Chlorine roasting of mechanically activated antimony sulfide concentrates with sodium chloride. Report NANT, 2021. Vol. 64. – No. 9-10, pp. 583-587.

HT-425/3000

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ, УНОСИМЫХ ОБОРОТНОЙ ВОДОЙ ПРОЦЕССА ПРОТИВОТОЧНОЙ ДЕКАНТАЦИИ БИОЕККА



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



Эргашев У.А.,
заместитель начальника отдела
по гидрометаллургическому комплексу
Технологического отдела
АО «НГМК», д.т.н., доц.



Ахатов Н.А.,
директор
Сев РУ АО «НГМК»



Ашуров О.Т.,
главный технолог
Сев РУ АО «НГМК»

Sulfidli minerallarning bakterial oksidlanishidan so'ng, oksidlangan qattiq fazani siyanidlashdan oldin mishyak, eritilgan temirdan yuvish kerak. Sianidlashdan oldin biokekning etarli darajada tozalanmaganligi oltinning past olinishiga, yuqori siyanid iste'moliga va sorbsion siyanidlashda haddan tashqari ko'piklanishga olib keladi. Tadqiqotlar natijasida, haroratning 60°C gacha ko'tarilishi bilan biokekning qalinlashishi suyuqlik fazasining kinematik yopishqoqligining pasayishiga olib kelishi va bu kislotaga oqava suvlari bilan yo'qolgan oltin miqdorini kamaytirishga yordam berishi aniqlandi. neytrallash mahsulotlari.

Tayanch iboralar: sulfidli rudalar, suyuq faza, pulpa zichligi, biokek yuvish, oltin, quyuglashtiruvchi, quyuglashtirilgan biokek, flokulyant, granulometrik analiz, kimyoviy analiz, haroratni oshirish, qattiq zarrachalarni cho'ktirish.

После бактериального окисления сульфидных минералов окисленную твёрдую фазу необходимо отмыть от мышьяка, растворенного железа перед цианированием. Недостаточная отмывка биокека перед цианированием приводит к низкому извлечению золота, высокому расходу цианидов и чрезмерному пенообразованию в процессе сорбционного цианирования. В результате проведённых исследований, определено, что сгущение биокека с повышением температуры до 60°C приводит к снижению кинематической вязкости жидкой фазы и это способствует уменьшению количества теряемого золота с продуктами нейтрализации кислых стоков.

Ключевые слова: сульфидные руды, жидкая фаза, плотность пульпы, отмывка биокека, золото, сгуститель, сгущённый биокек, флокулянт, гранулометрический анализ, химический анализ, повышение температуры, осаждение твёрдых частиц.

На Гидрометаллургическом заводе № 3 АО «НГМК» перерабатываются мышьяко-сульфидные золотосодержащие упорные руды, где субмикронные частицы золота находятся в ассоциации с сульфидами. В связи с чем, технологическая схема переработки много стадийная, которая включает в себя дробление, измельчение, флотацию, биологическое окисление и т.д. Флотоконцентрат, полученный в процессе флотации подвергается биологическому окислению, затем полученный биокек подвергается противоточной декантации (отмывка биокека). При противоточной декантации, обратной водой данного цикла уносится часть золота. Настоящий вопрос является одной из проблем, а её решение актуальной задачей.

В процессе биологического окисления сульфидных концентратов наблюдается разложение минеральных составляющих, таких как пирит, арсенопирит и т.д., в связи с чем, жидкая фаза биопульпы насыщается следующими ионами: Fe^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , As^{5+} , As^{3+} .

Цель отмывки биокека заключается в снижении концентрации растворенного железа и мышьяка в жидкой фазе. Процесс противоточной декантации проводится согласно технологической схемы (рис. 1).

Биокек перекачивается в первый промежуточный смеситель 5 участка противоточной декантации (ПТД). В промежуточном смесителе 5 биокек смешивается и промывается кислым раствором – сливом сгустителя 2 (ПТД № 2). В смеситель также производится подача серной кислоты для поддержания pH пульпы на уровне

0,9÷1,2. С промежуточного смесителя 5 пульпа поступает в приемную чашу сгустителя 1 (ПТД № 1). Сгущённый продукт сгустителя ПТД-1 насосами перекачивается во второй промежуточный смеситель 6, где смешиваясь со сливом сгустителя 3 (ПТД-3), поступает в приемную чашу сгустителя 2. Сгущённый продукт сгустителя ПТД-2 насосами перекачивается в третий промежуточный смеситель 7, где смешиваясь с промывочной водой из резервуара технологической воды 11, поступает в сгуститель 3. Сгущённый продукт – отмытый биокек из сгустителя ПТД-3, насосами перекачивается на последующие технологические процессы. Для интенсификации процесса сгущения, в приёмные чаши сгустителей 1,2 и 3 подаётся флокулянт. Верхний слив (кислые стоки) сгустителя 1 самотеком сливается в бак кислого раствора 4. С бака кислого раствора насосами кислые стоки перекачиваются на участок нейтрализации 9. В баки нейтрализации для увеличения pH раствора подаётся известняковая пульпа, вследствие чего содержащиеся в жидкой фазе соединения железа, мышьяка и серы переходят в твёрдую фазу в виде нерастворимых осадков. Для интенсификации процесса нейтрализации, в баки подаётся сжатый воздух. Кислые стоки последовательно перетекают из одного бака нейтрализации в последующий. Из последнего бака нейтрализованные стоки поступают в сгуститель контура обратной воды 10 (СКОВ-1). В сгустителе 10 осуществляется осаждение нейтрализованных стоков. Нижний слив сгустителя 10 направляется на хвостохранилище. Верхний слив

Технологическая схема отмыбки блоека

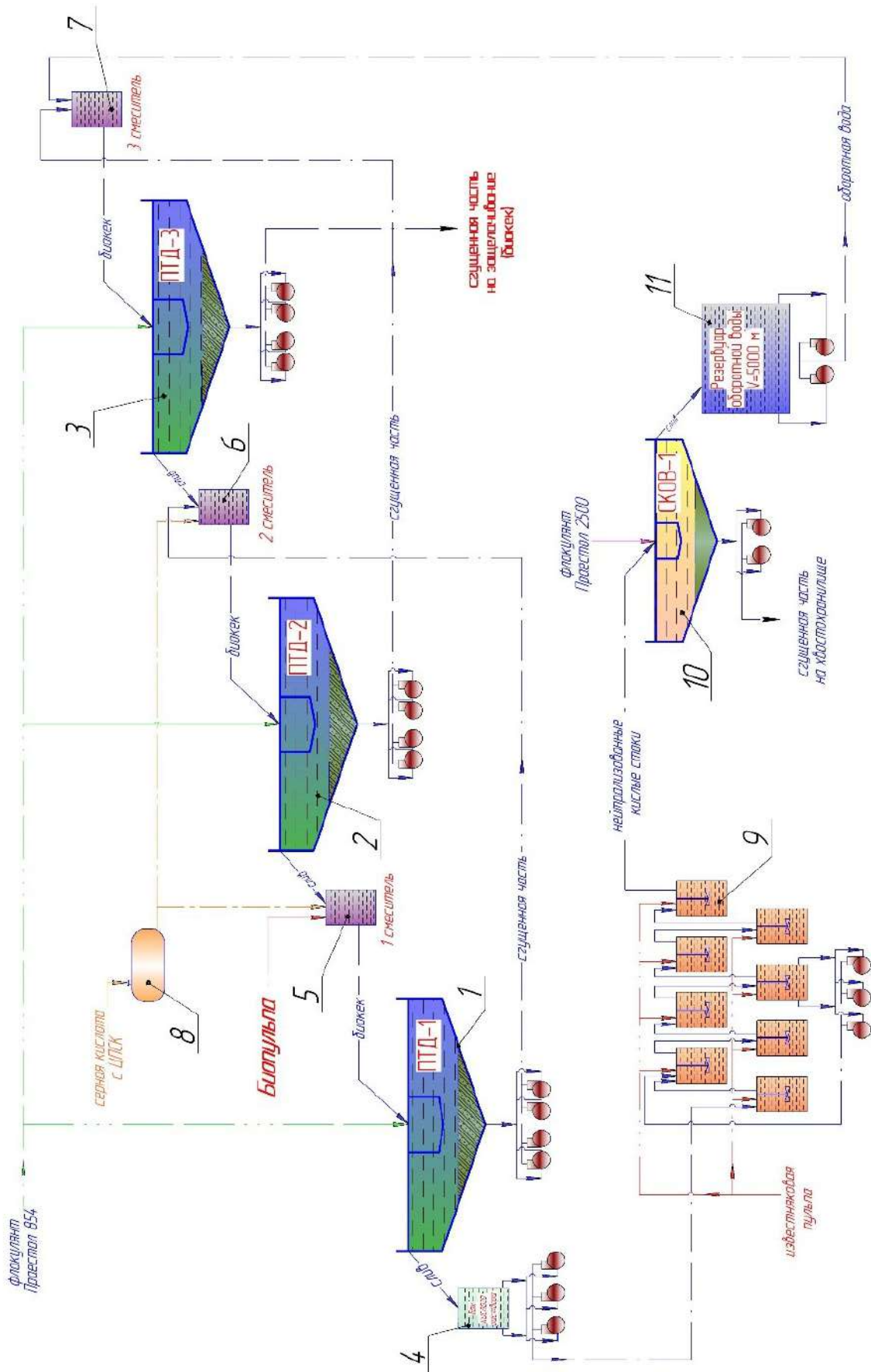


Рис. 1. Технологическая схема процесса противоточной декантации блоека: 1, 2 и 3 – ступицы для противоточной декантации; 4 – бак кислого раствора; 5, 6 и 7 – смесители; 8 – ёмкость для серной кислоты; 9 – баки нейтрализации; 10 – ступица для осаждения продукта нейтрализации; 11 – резервуар для оборотной воды контура противоточной декантации блоека.

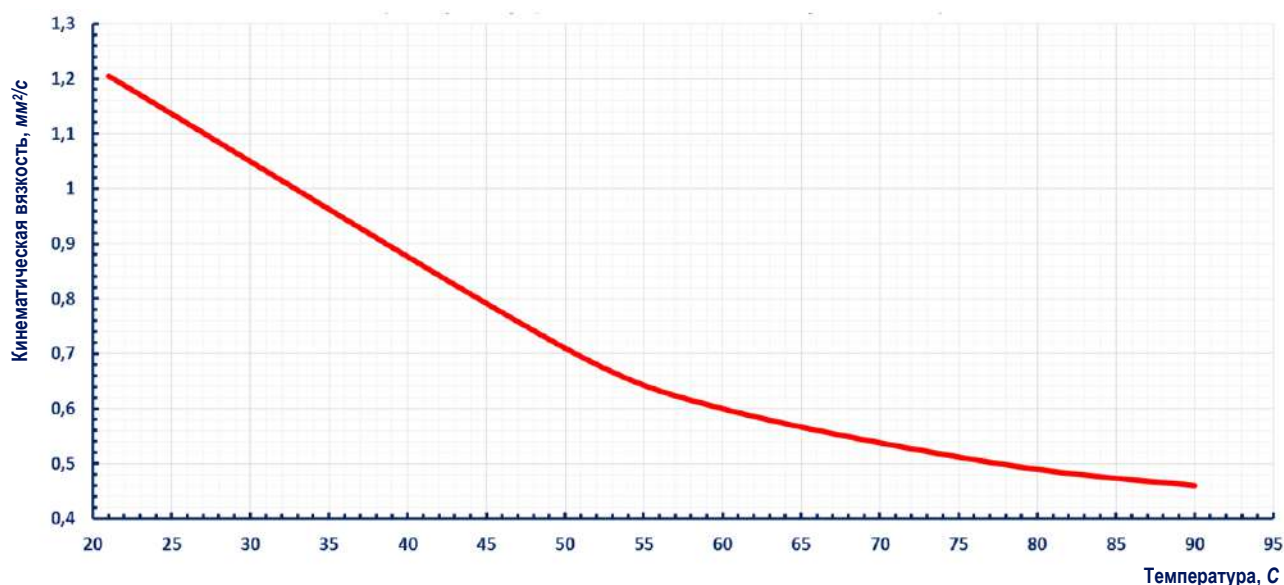


Рис. 2. Зависимость кинематической вязкости жидкой фазы ПТД-1 от температуры

сгустителя 10 самотеком сливается в резервуар оборотной воды 11. Обратная вода из резервуара насосами перекачивается в промежуточный смеситель 7 участка ПТД.

В процессе отмывки биокека в контуре противоточной декантации ГМЗ-3 наблюдается унос частиц золота с кислыми стоками сгустителя ПТД-1. Учитывая, что кислые стоки нейтрализуются и затем направляются в хвостохранилище, имеющееся в них золото можно считать утеранным.

По вопросу в каком виде уходит золото с верхним сливом ПТД-1 существует несколько точек зрения, одна из них «высокая кинематическая вязкость жидкой фазы, которая способна уносить субмикронные частицы золота», а вторая «золото уходит данным потоком в растворённом виде» [1, 2].

Привлекает внимание в аспекте нашего исследования работа Научно-исследовательского института минеральных ресурсов Республики Узбекистан [3].

В рамках исследований продуктов ГМЗ-3, проведённых данным институтом по результатам химического анализа в твёрдой фазе сгустителя 10 выявлены минералы петицит $(Ag,Au)_2Te$ и сальванит $(AuAg)Te_4$. Выявление этих двух минералов позволяет сделать некоторые частные выводы, представляющие интерес для нашего

исследования и склоняет мысль по поставленному вопросу в сторону зависимости уноса частиц золота от высокой кинематической вязкости жидкой фазы.

Вышеизложенное подчеркивает необходимость обстоятельного изучения вопроса по определению зависимости уноса частиц золота от высокой кинематической вязкости жидкой фазы, в связи, с чем нами проведены лабораторные исследования по влиянию температуры на изменение кинематической вязкости кислых стоков контура ПТД. Исследования проводились нагреванием биокека перед сгущением до 40, 50 и 60°C. Также для сравнения была проведена отмывка биокека при нормальной температуре окружающей среды 20°C.

Кинематическая вязкость жидкой фазы ПТД-1 составляет 1,21 мм²/сек (для сравнения: кинематическая вязкость воды – 1,00 мм²/сек), исследования по влиянию температуры на снижение кинематической вязкости жидкой фазы ПТД-1 были проведены на приборе вискозиметр ВИС-Т-05 (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что при повышении температуры данной жидкой фазы, происходит снижение физического свойства – кинематической вязкости.

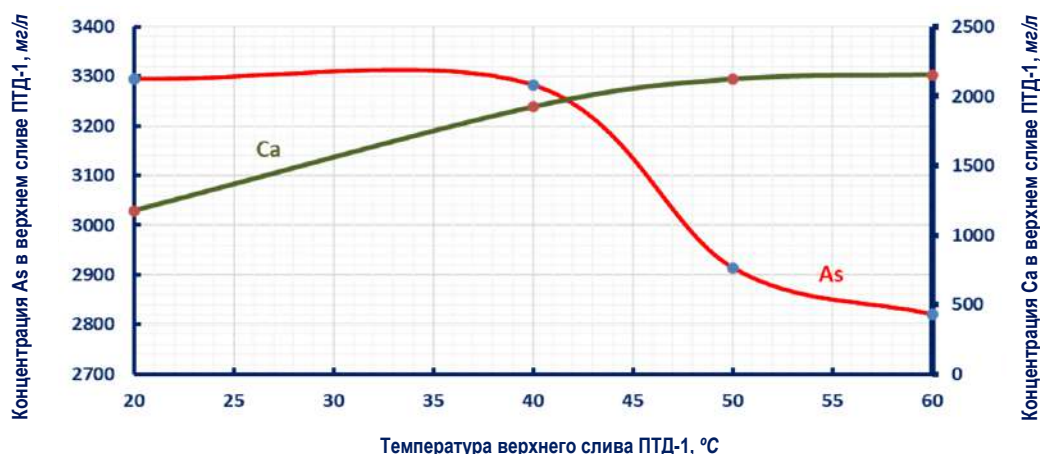


Рис. 3. Зависимость концентрации As и Ca верхнем сливе от температуры

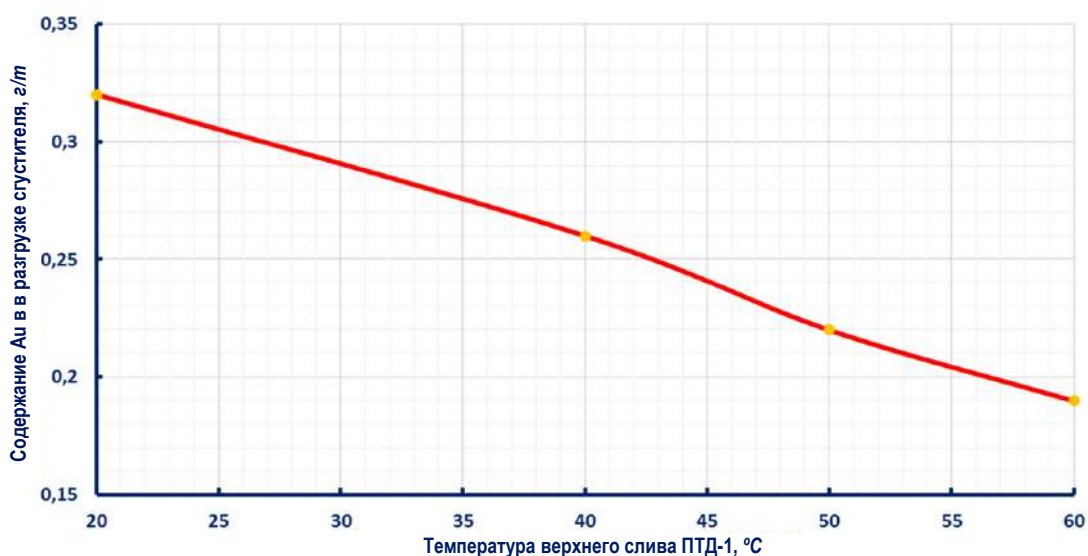


Рис. 4. Зависимость концентрации Au от температуры

Как отмечалось выше основная цель отмывки биокека методом противоточной декантации (см. тех. схему отмывки биокека) заключается в снижении концентрации ионов Fe^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , As^{5+} , As^{3+} мешающих в последующих технологических процессах. Для получения более полного представления о происходящих процессах при повышении температуры в ПТД-1 были проведены полные химические анализы жидких фаз, то есть кислых стоков полученных во время исследований. По результатам химического анализа с повышением температуры в жидкой фазе ПТД-1 выявлено, что некоторые вещества изменяют свое агрегатное состояние (рис. 3).

На основании проделанных работ можно сделать вывод о том, что эффективным способом считается повышение температуры до $40^{\circ}C$, дальнейшее повышение температуры нецелесообразно так как мышьяк частично выпадает в осадок и загрязняет биокек и теряется смысл отмывки биокека от As^{5+} , As^{3+} .

Для получения подтверждения зависимости уноса частиц золота от кинематической вязкости жидкой фазы, после проведения

нейтрализации известняковой пульпой кислых стоков полученных во время лабораторных опытов с повышением температуры, было определено содержание золота в продуктах нейтрализации (рис. 4).

Согласно полученным результатам можно судить, что повышение температуры в ПТД-1 благоприятно влияет на уменьшение количества уносимого золота жидкой фазой.

Анализ проведенных исследований позволил сделать заключение, что с повышением температуры в ПТД-1 снижается кинематическая вязкость жидкой фазы и это способствует уменьшению количества теряемого золота с продуктами нейтрализации кислых стоков, что в свою очередь подтверждает имеющиеся физические потери золота.

Наименьшее содержание золота в продукте нейтрализации получено при температуре $60^{\circ}C$. Однако повышение температуры до $60^{\circ}C$ приводит к частичному переходу растворенного мышьяка в твердое состояние и загрязнению сгущенного биокека, что является предметом дальнейших исследований.

Библиографический список:

1. Санакулов К., Эргашев У.А. «Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов». – Ташкент: ГП «НИИМП», 2014 г. – 286 с.
2. Санакулов К., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Ваповев Х.М. Анализ закономерностей формирования ионного состава водной фазы пульпы и его влияния на процессы бактериального окисления сульфидных минералов // Цветные металлы. – Москва, 2022 г. – № 5. – С. 18-27.
3. Отчет ГП «Научно-исследовательский институт минеральных ресурсов». О минералого-геохимическом изучении исходного концентрата, продуктов биоокисления и цианирования ГМЗ-3. – Ташкент, 2016.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 1 (92) pp. 52-56

REDUCING THE AMOUNT OF CONCENTRATION OF SUSPENDED PARTICLES CARRIED AWAY BY THE CIRCULATING WATER OF THE COUNTERCURRENT DECANTING OF THE BIOCAKE PROCESS

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

Ergashev U.A., Deputy Head of Department, Doctor of Technical Sciences, Assistant professor.

Akhatov N.A., Director of the Mining Department.

Ashurov O.T., Chief Technologist of Mine Management.

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

After bacterial oxidation of sulphide minerals, the oxidised solid phase must be washed of arsenic, dissolved ferrous iron before cyanidation. Insufficient washing of the biocake prior to cyanidation leads to low gold recovery, high cyanide consumption and excessive foaming during the sorption cyanidation process. It was determined as a result of the conducted research that thickening the biocake with increasing the temperature to $60^{\circ}C$ leads to a decrease in the kinematic viscosity of the liquid phase and this contributes to a reduction in the amount of gold lost with the neutralization products of acidic effluents.

Keywords: sulphide ores, liquid phase, slurry density, biocake washing, gold, thickener, thickened biocake, flocculant, particle size analysis, chemical analysis, temperature increase, precipitation of solid particles.

Bibliographic list:

1. Sanakulov K., Ergashev U.A. Theory and practice of mastering the processing of gold-bearing refractory ores in the Kyzylkum. – Tashkent: SE «NIMR», 2014. – 286 p.
2. Sanakulov K., Mukhiddinov B.F., Sharipov S.Sh., Vapoev Kh.M. Analysis of the patterns of formation of the ionic composition of the aqueous phase of the pulp and its influence on the processes of bacterial oxidation of sulfide minerals. Tsvetnye metally. – Moscow, 2022. – No. 5, pp. 18-27.
3. Report of the State Enterprise «Research Institute of Mineral Resources». On the mineralogical and geochemical study of the original concentrate, products of biooxidation and cyanidation of GMZ-3. – Tashkent, 2016.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

К ВОПРОСУ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ УПОРНЫХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ РУД



Курбанов М.А.,
заместитель начальника
ЦНИЛ по урану,
редким и редкоземельным металлам,
АО «НГМК», PhD



Рузиев Б.Т.,
начальник
геотехнологической лаборатории
ЦНИЛ АО «НГМК»



Икрамов Д.З.,
начальник
ГТР площадки Учкудук
АО «НГМК»



Нурмухамедова Н.Э.,
инженер-технолог
ГТЛ ЦНИЛ АО «НГМК»

Maqolada qora slanets rudalaridan vanadiy olish bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. Rudalarni dastlabki kislotalashning vanadiyni ajratib olishga ta'siri aniqlangan. Vanadiyning ekstraksiyasini oshirish uchun eritmalarning optimal kislotalligi tanlandi.

Tayanch iboralar: qora slanetsli rudalar, uyada yuvish, perkolyatsion yuvish, rudani o'tga chidamli, oldindan kislotalash, yuvish, vanadiy, vanadiy olish, sulfat kislotasi.

В статье приведены результаты исследований по извлечению ванадия из черносланцевых руд. Определены влияния предварительного закисления руд на извлечение ванадия. Выбраны оптимальные кислотности растворов для повышения извлечения ванадия.

Ключевые слова: черносланцевые руды, кучное выщелачивание, перколяционное выщелачивание, упорность руд, предварительное закисление, выщелачивание, ванадий, извлечение ванадия, серная кислота.

Анализ результатов исследований ранее проведённых отечественными специалистами, позволяет сделать вывод о том, что причиной низкого извлечения ванадия из черносланцевых руд является нахождение значительного его количества в виде упорного минерала роскоэлит. По некоторым данным до 65% ванадия находится в этом минерале.

При переработке руд способом кучного выщелачивания наиболее приемлемым и доступным является раствор серной кислоты концентрацией 5-25 г/л. При этом извлекается 55÷70% урана, 12÷16% ванадия.

В некоторых исследованиях отмечена возможность увеличения извлечения ванадия до значений 25-28% при измельчении руды до класса крупности -0,074 мм, однако дальнейшая переработка измельченного рудного материала гидрометаллургией требует значительных капитальных затрат.

Известно, что в практике добычи урана способом ПВ, перед началом добычи продуктивных растворов проводится этап подготовки вскрытых запасов урана – закисление рудовмещающего горизонта растворами серной кислоты. При этом, если концентрация серной кислоты в закисляющих растворах составляет 20-25 г/л, то рабочие (выщелачивающие) растворы на стадии добычи имеют концентрацию кислоты 10-15 г/л. Аналогичная схема действует и при использовании кислорода в технологии миниреагентного ПВ. Количественные характеристики извлечения урана при этом в значительной мере зависят от качества проведения закисления вскрытого рудоносного горизонта.

В соответствии с этим, в данной работе исследовано влияние предварительного закисления рудного материала на полноту извлечения ванадия.

С учётом того, что для формирования штабеля КВ ранее проведёнными работами определён наиболее оптимальный класс дроблённой руды (-25+0) мм, для исследований рудный материал дробили до класса крупности -25 мм. Гранулометрический анализ дроблённой руды приведён в табл. 1.

В лабораторных исследованиях для проведения закисления в статических условиях использовали раствор серной кислоты с различной концентрацией. После выдержки в течение 48 ч и водной промывки (Ж:Т=3:1) продуктивные растворы закисления, промывные растворы и твёрдые хвосты выщелачивания анализировали на содержание ванадия.

Таблица 1

Гранулометрический анализ исходной дроблённой ЧС руды

Класс, мм	Выход, %	Содержание ванадия, г/т	Распределение ванадия по классам крупности, %
-25+10	30,4	4500	22
-10+5	24,8	6500	26
-5+0	44,8	7200	52
Всего	100	6205	100

Таблица 2

Влияние концентрации серной кислоты при закислении на извлечение ПК (исходное содержание, % [V] = 6205 г/т; время закисления – 48 ч; промывка Ж:Т=3:1; класс крупности –25 мм; условия – статические)

H ₂ SO ₄ , г/л	Извлечение ванадия, %	Расход H ₂ SO ₄ , кг/т руды
20	13,4	8,56
200	37,9	85,5
300	48,0	128,2
500	58,3	213,7
700	55,7	299,0
900	49,2	384,5
1000	45,4	427,3

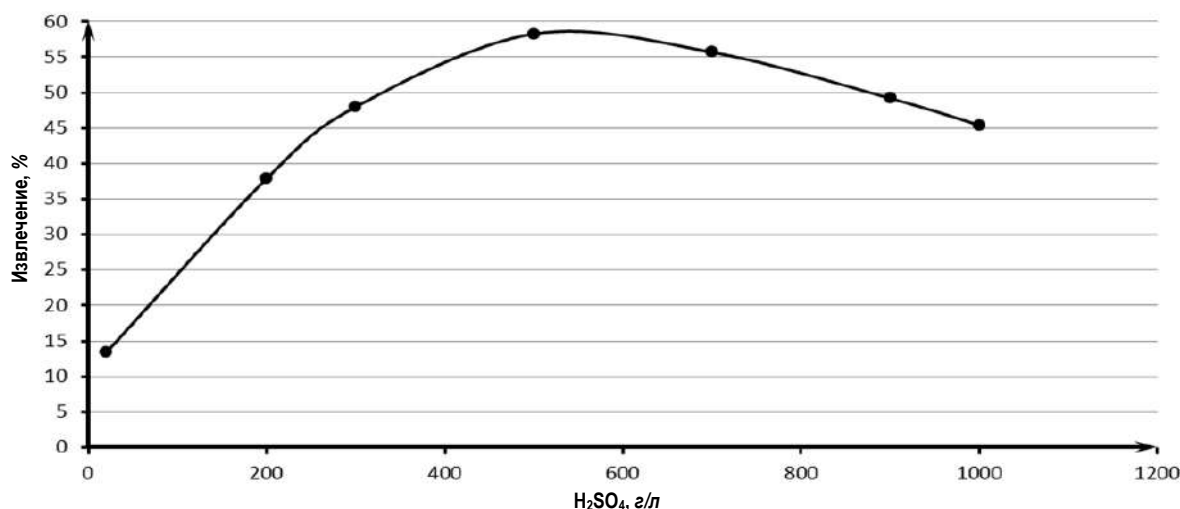


Рис. 1. График влияния концентрации серной кислоты при закислении на извлечение ПК

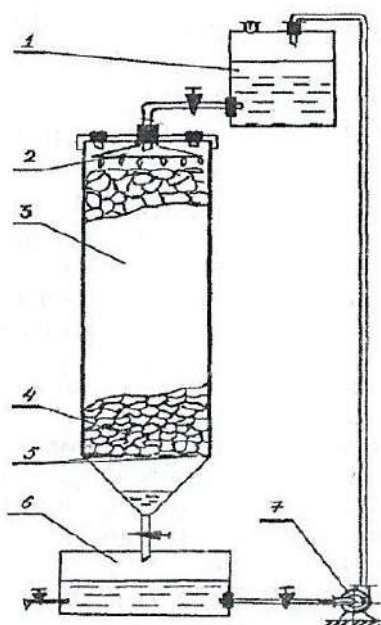


Рис. 2. Схема лабораторной перколяционной установки с закислением в режиме циркуляции: 1 – напорный бачок; 2 – распределительное устройство; 3 – колонка; 4 – руда; 5 – дренажный слой; 6 – ёмкость для сбора продуктивного раствора; 7 – насос

Результаты исследований представлены в *табл. 2*, график зависимости извлечения ванадия от предварительного закисления руды сернокислыми растворами различной концентрации приведён на *рис. 1*.

Как видно из результатов *табл. 2* и *рис. 1*, предварительная сернокислая обработка руды до концентрации кислоты 500 г/л приводит к повышению извлечению ванадия.

При дальнейшем повышении кислотности происходит снижение извлечения ванадия. С повышением кислотности обработки от 20 г/л до 500 г/л рост извлечения по ванадию составил с 13,4 до 58,3%. Оптимальной кислотностью закисления руды с точки зрения извлечения ванадия явились сернокислые растворы с концентрацией 500 г/л при этом необходимо отметить значительный расход серной кислоты который составил 213 кг/т руды.

Для определения возможности применения предварительного закисления в условиях кучного выщелачивания проведены лабораторные исследования по перколяционному выщелачиванию руды.

На *рис. 2* представлена схема лабораторной установки для проведения перколяционного выщелачивания с закислением в режиме циркуляции закисляющих растворов.

Исследования проводили в лабораторных перколяторах из органического стекла. Орошение руды осуществляли перистальтическими насосами со скоростью орошения 10 л/м²·ч. В колонку загрузили дроблённый материал класса (-25+0) мм и подавали растворы серной кислоты с концентрацией 500 г/л.

После выхода первых объёмов продуктивных растворов с высокой кислотностью колонку перевели в режим циркуляции, т.е. обратно подавали на орошение колонки. В режиме циркуляции из сборника продуктивных растворов отбирали растворы и анализировали pH, кислотность и содержание ванадия.

По достижении устойчивых концентраций по ванадию в растворе колонку перевели в режим водного орошения.

На выходе из колонки ежедневно отбирали растворы и делали анализ.

Водное орошение было продолжено до снижения концентраций металлов в растворах до некондиционных значений.

Результаты по перколяционному выщелачиванию руды представлены в *табл. 3*.

Таким образом можно сделать заключение о том, что внедрение стадии закисления (аналогично ПВ урана) при переработке черносланцевых руд способом кучного выщелачивания позволит повысить извлечение ванадия.

Таблица 3
Результаты перколяционного выщелачивания ЧС руд с предварительным закислением способом циркуляции раствора (исходное содержание [V] = 6205 г/т, класс (-25+0 мм))

Ж:Т	pH	Извлечение ванадия, %	Расход H ₂ SO ₄ , кг/т
Стадия закисления орошением H ₂ SO ₄ -500 г/л			
0,2:1	0,2	9,8	214
0,4:1	0,2	10,6	
Стадия циркуляции растворов закисления через руду			
2:1	0,2	38,0	
Стадия водного выщелачивания			
10:1	1,2-6,0	47,6	

В данных исследованиях циркуляцией крепкими растворами серной кислоты (500 г/л) с последующим водным орошением в перколяционном режиме достигнуто извлечение в раствор 47,6% ванадия за период Ж:Т=10:1 с общим расходом H_2SO_4 214 кг/т. Здесь следует отметить, что извлечение ванадия определялось по

остаточному его содержанию в твердых хвостах. Для применения стадии закисления и отработки параметров выщелачивания ванадия в производственных масштабах в настоящее время ведутся опытно-промышленные работы непосредственно на геотехнологическом участке уранодобывающего предприятия.

Библиографический список:

1. Холодов В.И. Ванадий: (геохимия, минералогия и генетические типы месторождений в осадочных породах). – М.: Наука, 1968 г. – 246 с.
2. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Рузиев О.Б., Рузиев Б.Т. Исследования и разработка на их основе технологии переработки упорных ванадий-урановых руд чёрносланцевого типа // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – № 2. – С. 91-98.
3. Петухов О.Ф., Истомин В.П., Руднев С.В. и Хасанов А.С. Уран. – Ташкент: Turon zamin – ziyo. 2015. – С. 266-267.
4. Патент Республики Узбекистан № IAP 05479 МПК С 22В 34/22 от 12.06. 2015 года. Способ комплексной переработки чёрносланцевых руд // Авторы: Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Золотарёв Ю.П., Каримов А.К., Рузиев Б.Т.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 1 (92) pp. 57-59

ON THE QUESTION OF EXTRACTION OF VANADIUM FROM REFRACTORY BLACK SHALE ORES

Kurbanov M.A., Deputy Head of the Central Research Laboratory for Uranium, Rare and Rare Earth Metals, Candidate of Technical Sciences.

Ruziev B.T., Head of the Geotechnological Laboratory of the Central Scientific Research Laboratory.

Ikramov D.Z., Head of the MTR of the Uchkuduk site.

Nurmukhamadova N.E., GTL Process Engineer.

JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine». Navoi, Uzbekistan.

This article presents the results of studies on the extraction of vanadium from black shale ores. The effects of preliminary acidification of ores on vanadium extraction are determined. The optimum pH of solutions to increase vanadium extraction has been determined.

Keywords: black-shale ores, heap leaching, percolation leaching, refractory ore, preliminary acidification, leaching, vanadium, vanadium extraction, sulphuric acid.

Bibliographic list:

1. Kholodov V.I. Vanadium. Geochemistry, mineralogy and genetic types of deposits in sedimentary rocks. – М.: Nauka, 1968. – 246 p.
2. Sanakulov K.S., Petukhov O.F., Ruziev O.B., Ruziev B.T. Research and development on their basis of technology for processing refractory vanadium - uranium ores of black shale type // Mining Bulletin of Uzbekistan. – Navoi, 2019. – No. 2, pp. 91-98.
3. Petukhov O.F., Istomin V.P., Rudnev S.V. and Khasanov A.S. Uranus. – Tashkent: Turon zamin – ziyo, 2015, pp. 266-267.
4. Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP 05479 IPC C 22V 34/22 dated 12.06. 2015. The method of complex processing of black shale ores // Authors: Sanakulov K.S., Petukhov O.F., Zolotarev Yu.P., Karimov A.K., Ruziev B.T.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХРОМОМОЛИБДЕНОВОЙ СТАЛИ ВЗАМЕН СТАЛИ 110Г13Л ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ РУДОРАЗМОЛЬНЫХ ОБОРУДОВАНИЙ



Рахманов У.Ж.,
начальник
Отдела инновационных технологий
ПО «НМЗ» АО «НГМК»



Расулов И.Б.,
главный металлург
ПО «НМЗ» АО «НГМК»



Турабоев Ш.Р.,
инженер технолог
Отдела инновационных технологий
ПО «НМЗ» АО «НГМК»



Эшмурадов Н.С.,
инженер технолог
Отдела инновационных технологий
ПО «НМЗ» АО «НГМК»

Jahonda bugungi kunning eng muhim vazifalaridan biri yuqori marganetsli yeyilishga bardoshli po'latdan quyish orqali ishlab chiqarilgan quymalarning mexanik va ekspluatatsion xossalari oshirish orqali ularning iqtisodiy samaradorligini oshirishdan iborat. Ushbu yo'nalishda, jumladan, quyidagi yo'nalishlarda ilmiy tadqiqotlar olib borish muhim vazifalardan biri hisoblanadi: yuqori marganetsli yeyilishga bardoshli po'latning ishlash sharoitlarini hisobga olgan holda zamonaviy dasturiy ta'minotdan foydalangan holda qotishma kimyoviy tarkibini ishlab chiqish; yuqori marganetsli yeyilishga bardoshli po'latni eritish jarayonlarini optimallashtirish va termik ishlov berishning optimal usullarini qo'llash zarurati tug'iladi.

Tayanch iboralar: Yuqori marganetsli po'lat, xrom-molibdenli po'lat, kimyoviy tarkib, mexanik xossalari, metall strukturasi, nometall qo'shimchalar.

Сегодня одной из важнейших мировых задач является повышение экономической эффективности деталей, полученных литьем из высокомарганцевистой износостойкой стали за счёт увеличения их механических и эксплуатационных свойств. Одной из важных задач является проведение научных исследований в этой области, в том числе в таких направлениях, как: разработка состава сплава с использованием современного программного обеспечения с учётом условий работы высокомарганцевистой износостойкой стали; оптимизация процессов выплавки высокомарганцевистой износостойкой стали; необходимости разработки оптимальных методов термической обработки.

Ключевые слова: высокомарганцевистая сталь, хромомолибденовая сталь, химический состав, механические свойства, структура металла, неметаллические включения.

Годовой выпуск отливок в литейном цехе производственного объединения «Навоийский машиностроительный завод» в 2022 г. составил более 32 000 т годного литья. Из них 19118 т (более 60%) приходится на долю высокомарганцевистой износостойкой стали марки 110Г13Л.

На сегодняшний день горно-добывающие предприятия АО «НГМК» предъявляют высокие требования к работе цикла измельчения и качеству помола, первоначально эти данные закладывались на этапе проектирования рудников, в дальнейшем при отработке месторождения их приходится корректировать, порой не раз. Мельничная футеровка является важной составляющей частью процесса измельчения, от её конструкции и марки сплава зависит эффективность помола руды, а также совокупное количество потраченных часов на замену изношенных элементов футеровки или демонтаж всего комплекта при окончании срока ее службы.

Существует несколько критериев для оценки эксплуатационных качеств футеровок мельниц, количество машино-часов, масса переработанной руды, расход футеровочных элементов на тонну переработанной руды и т.д. В наше время на многих месторождениях содержание металла в исходной руде очень низкое, требуется перерабатывать большие объёмы руды, чтобы экономическая эффективность предприятия была высокой. В современной рыночной ситуации, снижение времени простоя мельницы даже на 7-9 дней в году (2-3%), может экономически оправдать или превзойти

сумму годовых затрат на замену футеровки мельниц на всех стадиях измельчения руды.

Особенно это актуально для золотодобывающих предприятий, так как день простоя по недополученному металлу оценивается сотнями миллионов сумов.

Последние тридцать лет мировая практика показывает, что в мельницах первой стадии измельчения наиболее эффективно использовать футеровки из хромомолибденовой стали.

Горно-добывающие предприятия республики используют футеровки из высокомарганцевистой износостойкой стали типа 110Г13Л. Однако со временем, контроль выполнения годового плана по производительности становится довольно жёстким и не позволяет останавливать мельницы, поэтому технический персонал и менеджмент предприятий начинают искать альтернативные типы и сплавы мельничных футеровок. Отливки из высокомарганцевистой износостойкой стали 110Г13Л показаны на рис. 1.

Для нас также очень важно получить данные по диаметру и объёму загружаемых мелющих тел, используемых в каждой конкретной мельнице, на основании которых мы проводим программное моделирование процесса измельчения. В результате заказчик получает данные об оптимальном объёме загружаемых мелющих тел, при котором эффективность помола будет самой высокой и одновременно с этим, срок службы предлагаемой нами футеровки будет максимальным.

Разработка новой конструкции мельничной футеровки является приоритетом предприятия, для этого на ПО «НМЗ» образован отдел инновационных технологий, инженеры которого имеют большой опыт работы в горнодобывающей и металлургической промышленности. Главным результатом вышесказанной работы является разработка и утверждение техническим персоналом предприятий графика перефутеровки мельниц, в котором достаточно точно указаны сроки службы всех типов футеровки применяемых в мельницах. В соответствии с данным графиком, при своевременной замене мельничной футеровки и крепежа, незапланированные простои мельниц существенно уменьшатся, а планирование производства будет более чётким и понятным.

Порой такой поиск приводит к отрицательным результатам, то есть срок службы нового типа футеровки становится меньше используемого ранее, иногда вместо металлической футеровки применяется резиновая или резинометаллическая. Также предлагается использовать новые типы «усиленной» марганцовистой стали или комбинации стали с чугуном.

В целях экономии средств, на некоторых предприятиях опробованы футеровки из хромомолибденовой стали так называемого «нестандартного» дизайна, который имеет небольшую массу, а также высоту плит и лифтеров.

В результате срок службы такого комплекта не превышал нескольких месяцев, а экономия средств для предприятия оказались очень маленьким.

После получения технических данных процесса измельчения мы обязательно осуществляем выезд на предприятие заказчика для более конкретного ознакомления с технологией помола на всех его стадиях, проведения замеров мельниц, обсуждения конструкции используемой футеровки и дальнейшей выдачи предложения на футеровку новой конструкции и сплава.

После поставки комплекта футеровки с изменённой конструкцией и сплавом мы проводим шеф-монтажные работы по её установке. Далее, после начала работы комплекта футеровки мы через определённые промежутки времени осуществляем визуальный контроль ее состояния, а также производим замеры высоты всех футеровочных элементов.

Согласно межгосударственного стандарта ГОСТ 977-88 «Отливки стальные. Общие технические условия» сталь 110Г13Л обладает высоким сопротивлением износу при одновременном воздействии высоких давлений или ударных нагрузок и применяется для изготовления:

- корпусов вихревых и шаровых мельниц;
- щеки и конуса дробилок;
- гусеничных траков для горно-шахтных машин;
- звездочек для ходовой части экскаваторов и бульдозеров;
- зубьев и передних стенок ковшей экскаваторов;
- других деталей, работающих на ударно-абразивный износ работающие под действием статических и высоких динамических нагрузок и от которых требуется высокая износостойкость.

На сегодняшний день, практически все виды футеровок для рудоразмольного оборудования в ПО «НМЗ» отливаются из высокомарганцовистой износостойкой стали 110Г13Л, её называют ещё и сталью Гадфильда, в честь английского металлурга, предложившего впервые состав этой марки стали в 1878 г.

Химический состав стали 110Г13Л регламентирован стандартом предприятия Ts 30745022-038:2022 «Футеровки мельничные из стали 110Г13Л. Технические требования, порядок изготовления и контроль» (табл. 1).

Высокомарганцовистая износостойкая сталь 110Г13Л (сталь Гадфильда) разработана специально в качестве литейной стали и не имеет аналогов среди деформируемых сталей. После закалки в воде с 1100 °С имеет аустенитную структуру и характеризуется сочетанием очень высокой износостойкости и ударной вязкости.

Основными недостатками высокомарганцовистой износостойкой стали 110Г13Л является то, что эта сталь практически не поддаётся механической обработке, а так же отсутствие свариваемости, что ограничивает её применение для конструкционных изделий [1].

Вышеперечисленные недостатки стали отсутствуют в хромомолибденовой стали, химический состав которой приведен в табл. 2.

Специально подобранный состав хромомолибденового сплава, определяет высокие механические свойства, а также специально подобранный профиль лифтеров существенно увеличивает срок эксплуатации и заметно уменьшает кратность замены на различных узлах мельницы, что в свою очередь повышает максимальную годовую производительность рудоразмольных оборудований.

Для определения механических свойств отливок из стали 110Г13Л и хромомолибденовой стали были отлиты образцы, представленные на рис. 2.

Результаты механических испытаний приведены в табл. 3.

На образцах после испытаний ударной вязкости, подготовлены микрошлифы и проведены исследования микроструктуры образцов из стали 110Г13Л (рис. 3а) и из хромомолибденовой стали (рис. 3б). Микрофотографии образцов приведены на рис. 3.

Металлографическое исследование структуры металла до травления микрошлифа, проведенного согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 1778-70 «Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений» показало низкий уровень степени загрязнённости хромомолибденовой стали, по



Рис. 1. Отливки из высокомарганцовистой износостойкой стали 110Г13Л

Таблица 1
Химический состав стали 110Г13Л

Нормативно-технический документ	Массовая доля элемента, %						
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
Ts 30745022-38:2022	0,90-1,10	11,5-14,5	0,20-0,60	0,05	0,10	1,0	0,5
				не более			

Таблица 2
Химический состав хромомолибденовой стали

Массовая доля элемента, %								
C	Mn	Si	Cr	Mo	Cu	B	S	P
0,3-0,4	1,3-1,6	0,4-0,7	2,5-3,2	0,4-0,6	0,3-0,5	0,002-0,004	0,02	0,03
							не более	

Таблица 3
Механические свойства стали 110Г13Л и хромомолибденовой стали

ГОСТ	Механические свойства			
	σв, МПа	δ, %	KCU, Дж/см²	Твердость, НВ
Образцы из стали 110Г13Л	720 ±40	18±3	225±75	190±20
Образцы из хромомолибденовой стали	750 ±40	22±3	220±75	200±10



Рис. 2. Образцы, отлитые для определения механических свойств

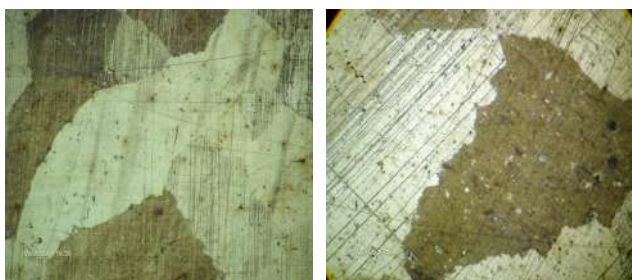


Рис. 3. Микрофотографии образцов стали 110Г13Л (а) и хромомолибденовой стали (б) после термической обработки. Увеличение микроскопа х500

сравнению со сталью 110Г13Л [2]. Результаты сравнительных металлографических исследований по неметаллическим включениям приведены в табл. 4.

Элементы футеровок изнашиваются равномерно, а аварийные остановки оборудования, вызванные преждевременным выходом из строя отдельных частей футеровок, сокращаются. Отсутствие расклевывания элементов упрощает демонтаж изношенной футеровки. Всё это приводит к адекватному и точному расчёту срока службы и планированию ремонтов мельниц и дробилок.

Следует отметить основные преимущества футеровок из хромомолибденовой стали:

- высокая устойчивость к гидроабразивному износу на протяжении всего периода эксплуатации (в отличие от высокомарганцевистой стали, у которой пиковая износостойкость достигается после наклепа, и значительно снижается в процессе эксплуатации). Имея равномерный износ в течение всего срока эксплуатации можно прогнозировать срок полного износа под замену;
- отсутствие риска преждевременного износа и разрушения отдельных элементов футеровки;
- отсутствие наклепа и напыла металла между футеровочными блоками, что значительно упрощает процесс демонтажа при замене футеровки;
- длительный срок эксплуатации (на 20-60% выше аналогов, высокомарганцевистой стали), что обеспечивает уникальное соотношение цена/срок службы.

При выплавке высокомарганцевистой стали, выделяются вредные токсины и окислы, превышающие предельно допустимые нормы, из-за высокого содержания марганца в сплаве до 15% [3].

В связи с этим, на сегодняшний день начат поэтапный переход отливок рудоразмельных оборудований на хромомолибденовые сплавы. Специально подобранный состав хромомолибденового сплава, улучшение структуры металла отливок, а также изменение конструкции лифтеров существенно увеличивает срок эксплуатации и заметно уменьшает кратность замены на различных узлах рудоразмельных оборудований, что в свою очередь повышает максимальную годовую производительность основного звена измельчения.

Таблица 4
Результаты металлографических исследований образцов по неметаллическим включениям

Сплав	Количество полей зрения	Среднее количество включений	Размер неметаллических включений, мкм			
			до 4	5-11	11-15	>15
110Г13Л	10	1070	320	300	250	200
Хромомолибден	10	850	300	260	190	100

Библиографический список:

1. Гребнев Ю.В., Габельченко Н.И., Хмуров И.А. Совершенствование технологии выплавки стали 110Г13Л // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2014. – № 9 (136). – Т. 9. – С. 129-132.
2. Рахманов У.Ж., Улугов Г.Д., Шарафутдинов У.З. Изучение влияния модификатора «ARMET» на морфологию неметаллических включений стали 110Г13Л // Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов : труды VI междунар. научно-практической конференции. – Алмалык, 2021. – С. 290.
3. Абдуллаев К.С., Ахмедов Х.И., Бободустов З.М., Улугов Г.Д. Исследование структуры и свойств высокомарганцевистой стали 110Г13Л отливок в ПО НМЗ // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020 г. – № 2 (81). – С. 64-67.

РАЗРАБОТКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ РАДИОМЕТРОВ АЛЬФА ИЗЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ



Раджапов С.А.,
главный научный сотрудник
Физико-технического института
АН РУз., д.ф.-м.н.



Нурбоев К.М.,
заместитель директора
по науке Навоийского отделения
АН РУз., к.ф.-м.н.



Муллагалиева Ф.Г.,
старший научный сотрудник
Физико-технического института
АН РУз., к.т.н.



Раджапов Б.С.,
докторант
Физико-технического института
АН РУз.

Ushbu maqolada ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish natijalari, shuningdek, katta o'lchamdagi (diametri 30-100 mm) yarimo'tkazgichli yuza barerli va geteroo'tishli Al-aGe-pSi-Au detektorlarining elektrofizik va radiometrik xususiyatlari bo'yicha ba'zi tadqiqot ma'lumotlari keltirilgan alfa nurlanish radiometrlari uchun. Katta sezgir maydon va ish hajmiga ega bo'lgan, diametri 50 mm dan ortiq va qalinligi 0,3-0,5 mm bo'lgan kremniy asosidagi detektorlar jahon amaliyotida juda kam qo'llaniladi. Maqolada katta diametri kremniy detektorlari asosida radon parchalanish moddalarini ekspress o'lchash uchun mo'ljallangan radonometr, shuningdek, radiometrlarning elektron komponentlarining blok-sxemasini va ishlashi tasvirlangan. Ushbu detektorlar yordamida tayyorlangan radon radiometrlarining xarakteristikalari ham berilgan. Bundan tashqari, maqolada tuproq havosida radon kontsentratsiyasini kuzatish bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan. Monitoring natijalari shuni ko'rsatdiki, konsentratsiya harorat, namlik va kun vaqtiga qarab o'zgaradi. Qurilma ixcham bo'lib, uni dalada ham, statsionarda ham, uzoq muddatli monitoring uchun ham onlayn rejimda ishlatisish mumkin.

Tayanch iboralar: radon, kremniy, yarimo'tkazgichli detektorlar, geteroo'tish, yuza barerli detektorlari, hajimli faollik, radonometr, alfa nurlanish, mikrokontroller.

В данной статье представлены результаты разработки технологии изготовления, а также некоторые данные исследований электрофизических и радиометрических характеристик полупроводниковых поверхностно-барьерных и гетеропереходных Al-aGe-pSi-Au детекторов больших размеров (диаметром 30-100 мм) для радиометров альфа-излучения. Детекторы на основе кремния, имеющие большую чувствительную площадь и рабочий объём, диаметром более 50 мм и толщиной 0,3-0,5 мм, в мировой практике используются очень мало. В статье описывается радонметр, разработанный для экспресс-измерения продуктов распада радона на основе кремниевого детектора большого диаметра, а также блок-схема и работа электронных компонентов радиометра. Также приведены характеристики радиометра радона, изготовленного с использованием этих детекторов. Кроме того, в статье приведены данные мониторинга концентрации радона в почвенном воздухе. Результаты мониторинга показали, что концентрация меняется в зависимости от температуры, влажности и времени суток. Прибор компактен и может использоваться как в полевых условиях, так и стационарно, а также в режиме онлайн для длительного мониторинга.

Ключевые слова: радон, кремний, полупроводниковые детекторы, гетеропереход, поверхностно-барьерные детекторы, объёмная активность, радонметр, альфа-излучение, микроконтроллер.

В настоящее время во многих странах ведётся мониторинг концентрации радона в различных средах. Известно, что облучение радоном составляет более половины эффективной дозы облучения, полученной данным человеком от всех источников излучения. Проблема облучения населения радоном возможна в районах залегания гранитов с повышенным содержанием урана-238, продуктом распада которого является радон [1].

Радиационный контроль необходим и при работе с радиоактивными изотопами. В связи с этим для регистрации излучения требуются малогабаритные прецизионные приборы. Прибор для этой цели может быть необходим также при геологических поисках и разведке урановых месторождений и для контроля и охраны окружающей среды при металлургических работах, горнодобывающей промышленности [2, 3].

Одним из наиболее актуальных вопросов в области спектрометрии ядерных излучений является создание специализированных приборов для радиационного контроля при работе с радиоактивными изотопами. Человеческое тело поглощает радиацию подобно воде или земле. В результате воздействия ионизирующего

излучения на организм человека увеличивается вероятность возникновения некоторых заболеваний, а также вероятность повреждения генетической информации в клетках.

При работе с радиоактивными изотопами и другими источниками ионизирующего излучения необходимо свести к минимуму уровень облучения человека. Такие устройства разрабатываются с применением определённой технологии изготовления. Актуальность данного научного исследования определяется необходимостью создания нового прибора для экспресс-измерения альфа-излучения природных изотопов (^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Bi и др.) в различных областях и средах. Устройство должно быть мобильным, компактным и безопасным.

Небольшие габариты и незначительное энергопотребление делают полупроводниковые детекторы (ППД) удобными для создания компактных приборов, измеряющих интенсивность различных видов излучений. ППД являются электронными устройствами, и их основное назначение — обеспечить взаимодействие потока ионизирующего излучения с физической средой детектора излучения и преобразовать это взаимодействие в электрические сигналы, кото-

рые могут быть зарегистрированы соответствующими измерительными приборами. Вместе с измерительными блоками датчики образуют приборы для измерения ионизирующих излучений (спектрометры, радиометры, дозиметры и др.).

Целью научного исследования было создание измерительной установки для регистрации альфа-излучения и исследования объёмной активности продуктов распада радона на различных участках с использованием новейших разработок в этой области.

В данной статье приводится описание радиометра, разработанного для экспресс-измерения альфа-излучения радиоактивных элементов на основе кремниевого детектора большого диаметра.

В статье также приведены сведения о технологии изготовления радиометра, электрофизических и радиометрических характеристиках полупроводниковых поверхностно-барьерных и гетеропереходных Al-αGe-pSi-Au детекторов больших размеров, объёмной активности радона и продуктов распада радона, контролируемых в различных средах.

Полупроводниковый детектор представляет собой твердотельную ионизационную камеру, в которой область объединения выступает в качестве чувствительного объёма детектора. Разработка и оптимизация технологии изготовления, численные расчёты и компьютерное математическое моделирование больших кремниевых детекторов были рассмотрены в предыдущих научных статьях [4-8]. Основными характеристиками этих полупроводниковых детекторов являются темновой ток, электрическая ёмкость, энергетический эквивалент шума, энергетическое разрешение и энергетический эквивалент толщины мертвого слоя. Были изготовлены детекторы по поверхностно-барьерной и гетеропереходной технологиям.

В целях настоящего исследования поверхностно-барьерные детекторы были изготовлены из кремния n-типа, а гетеропереходные детекторы Al-αGe-pSi-Au из кремния p-типа; удельное сопротивление исходных пластин варьировалось в пределах 3-8 кОм/см, время жизни неосновных носителей составляло $\tau = 300-1000$ мкс. Шайбы с минимальной толщиной $\leq 1,0$ мкм получали с помощью специальной шлифовки.

Толщина каждого удаляемого микропорошковым слоем составляла не менее 2 мкм (т.е. не менее 30, 20, 15 или 10 мкм). Все виды микропорошков изначально «отмучивались» для отделения абразивных частиц высоких фракций. После такого разделения механическая обработка полупроводников обеспечивает практически 100% однородную поверхность полупроводниковых пластин без видимых царапин и «рисков».

Затем пластины тщательно промывались в мыльном растворе, в проточной бидистиллированной воде, обрабатывались в перекисно-аммиачном растворе $\text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O}_2 = 1:7$ и кипятились в азотной

кислоте для удаления ионов металлов. Далее пластины травили с обеих сторон на глубину 150 мкм в смеси кислот $\text{HF}, \text{HNO}_3, \text{COOH}$. Было испытано несколько вариантов травителей.

Оптимальная поверхность детектора была получена при следующем составе травителя: $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}$, соотношение 1:6:4. Скорость травления составляла 3,1–3,5 мкм/мин.

Переход на поверхность – барьер формировали напылением золота чистотой 99,99% толщиной 250 Å на лицевую поверхность и алюминия толщиной 300 Å на тыльную сторону пластины методом вакуумного напыления при давлении $3 \cdot 10^{-5}$ Торр. Для формирования гетероперехода на пластины p-типа методом вакуумного напыления при давлении $3 \cdot 10^{-5}$ Торр наносились сверхчистые аморфные контакты αGe (300 Å) и Al (300 Å) и Au (~ 250 Å) [4-8].

Изготовленные детекторы имели следующие характеристики: диаметр 40-100 мм, толщина чувствительной области $W = 0,1-0,3$ мм; рабочее напряжение $U = (10 \div 80)$ В, темновой ток I_{06} (обратный ток) = $(0,5 \div 2)$ мкА; ёмкость $C = (1000 \div 2000)$ пФ; энергетический эквивалент шума = $(40 \div 52)$ кэВ; энергетическое разрешение $Ra = 86$ кэВ; температура $T = +27^\circ\text{C}$ [4].

Был разработан радиометр, на основе поверхностно-барьерного и гетеропереходного Al-αGe-pSi-Au детектора. Радиометр, разработанный в лаборатории Физико-технического института АН РУз обеспечивает измерение объёмной активности (ОА) радона в воздухе, почве, воде и материале, а также позволяет проводить мониторинг в течение продолжительного времени. С его помощью можно также измерять относительную влажность и температуру.

Принцип работы прибора основан на закачке исследуемого воздуха в измерительную камеру с последующим измерением его радиоактивности в течение регламентного времени. Устройство настроено на селективное измерение продуктов распада радона в исследуемом воздухе (без использования осаждения на поглотители).

Для разработки радиометра необходимо было оптимизировать алгоритм управления процессом измерения исходя из технических возможностей исследовательского коллектива и наличия радиоэлементов. Метод регистрации альфа-излучения (радона) был выбран с использованием кремниевого детектора с большой площадью активной поверхности. В процессе были проведены следующие работы:

- разработана геометрия рабочей камеры [9];
- спроектированы, рассчитаны и изготовлены элементы деталей-аналогов;
- разработаны, спроектированы и изготовлены элементы цифровых узлов;
- разработано программное обеспечение для микроконтроллера и компьютера.

Блок-схема радиометра представлена на рис. 1.

В состав системы входят следующие функциональные элементы: рабочая камера с детектором; блок усиления и селекции информации (узел аналоговый); блок микроконтроллера (узел цифровой); блок вторичного питания; блок воздухозабора; персональный компьютер с установленным программным обеспечением и модуль GSM/SMS для онлайн-измерений.

Рабочая камера (3) представляет собой пустотелый цилиндр, внутри которого в геометрическом центре, на подвесках укреплен кремниевый детектор с диаметром чувствительной области 60 мм, который чувствителен к регистрации альфа частиц с двух сторон.

Микроконтроллерный узел (5) обеспечивает полную автономную работу устройства регистрации.

Питание всего устройства обеспечивается от встроенной батареи аккумуляторов 18650 с суммарным напряжением 12 В и ёмкостью 2600 мАч. Узел вторичного электропитания (1) осуществляет преобразование этого напряжения в напряжения, необходимые для нормальной работы всех функциональных узлов:

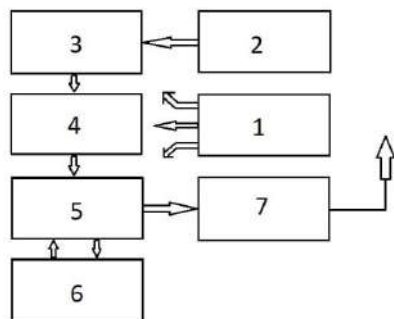


Рис. 1. Блок-схема радиометра: 1 – блок вторичного питания; 2 – воздухозаборник; 3 – рабочая камера с детектором; 4 – узел усиления и выделения информации (аналоговый узел); 5 – микроконтроллерный блок (цифровой узел); 6 – персональный компьютер с установленным программным обеспечением; 7 – GSM/SMS модуль

+30 В для питания детектора; +5 В для питания цифровых узлов микроконтроллерного узла; +8 В для питания аналоговой части устройства.

Узел усиления и селекции (4) обеспечивает преобразование заряда, возникшего в объёме детектора от взаимодействия с регистрируемой α -частицей, в импульс напряжения и затем его усиление.

В состав узла входит схема контроля и индикации состояния аккумулятора, а также элементы зарядного устройства, для возможности зарядки от внешнего сетевого источника напряжения. Предусмотрена возможность электропитания от внешнего источника напряжения при работе в стационарных (лабораторных) условиях.

Для осуществления операции нагнетания и последующего обновления анализируемого воздуха, в качестве воздухозаборника (2) был выбран вариант с использованием поршневой малогабаритной помпы.

Питание осуществляется от электронного генератора с частотой 50 Гц. Управление процессом включения осуществляется от микроконтроллера. Питание воздухозаборника осуществляется от автономного комплекта аккумуляторов 18650 ёмкостью 2600 мАч.

Для обработки накопленной в устройстве информации, устройство подключается к персональному компьютеру (5), на котором установлено разработанное программное обеспечение – программа ADL-V1.9-3.3 [10]. Информация с персонального компьютера передается в приемный пункт исследовательского центра по радиоканалу через GSM-модули.

На рис. 2 представлен изготовленный радонометр для измерений в воздухе, почве и воде, работающий в онлайн режиме.

На рис. 3 показано изменение АО во времени для образцов при различной влажности. Как видно из графика, по мере увеличения влажности образца объёмная активность радона со временем увеличивается. По-видимому, молекулы радона, присоединяясь к молекулам воды, испаряются вместе с водой, увеличивая АО окружающей среды



Рис. 2. Радонометр для измерений в воздухе, почве и воде в онлайн режиме

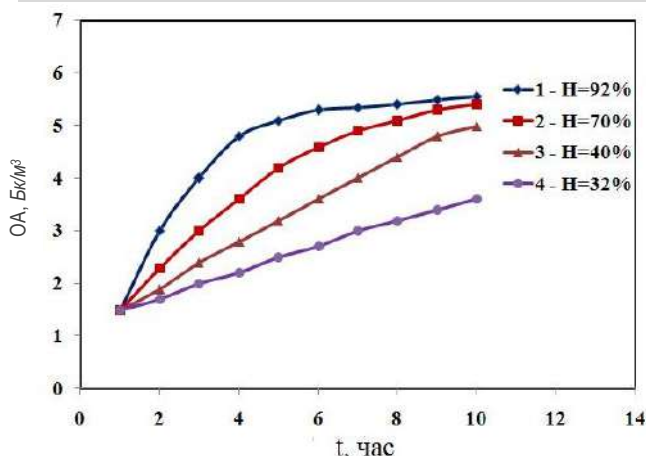


Рис. 3. Объёмная активность (ОА) радона в зависимости от времени и влажности

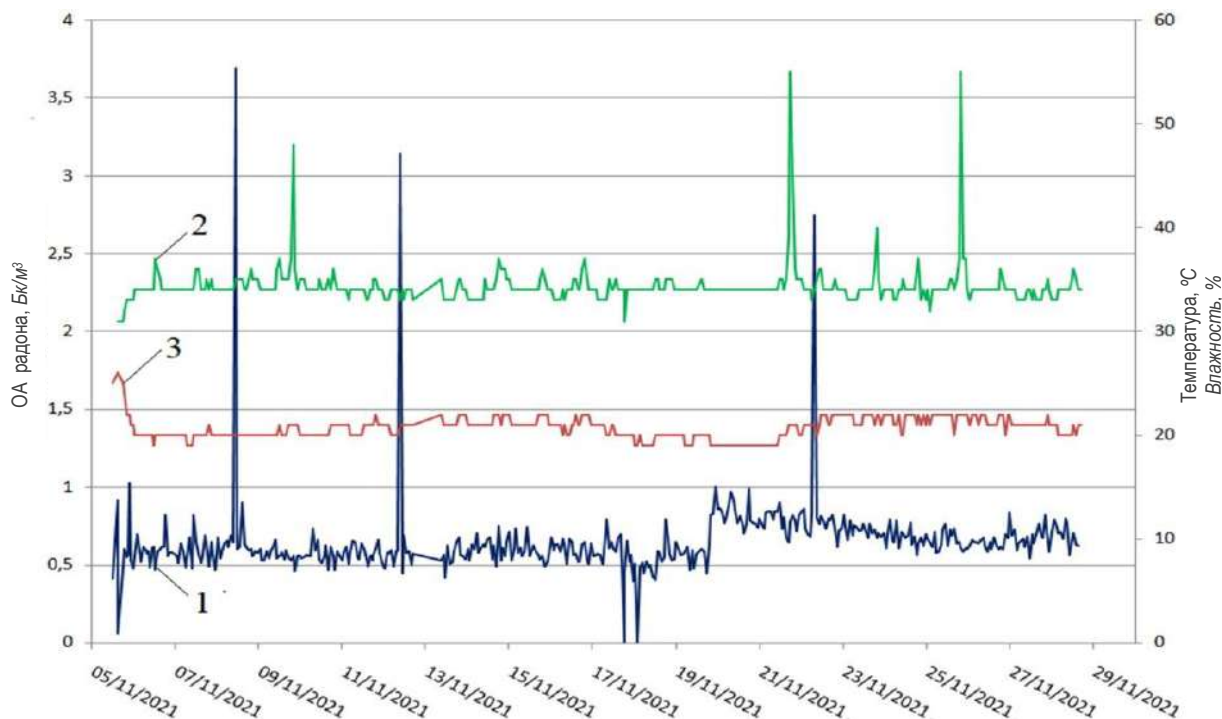


Рис. 4. Эмиссия радона из почвы (период 11.05.2021-29.11.2021): 1 – изменение интенсивности объёмной активности радона во времени, 2 – изменение влажности во времени, 3 – изменение температуры во времени

Таблица 1
Кoeffициенты запаса устойчивости бортов карьера, полученные численным моделированием

№ пробы	Вид пробы	А, Бк(±10%)	Элементы
1	Порошок	5,2	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
2	Порошок	8,0	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
3	Порошок	7,2	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
4	Порошок	5,6	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
5	Жидкость	0,9	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
6	Жидкость	1,0	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
7	Жидкость	1,2	U ²³⁸ , Ra ²²⁶
8	Жидкость	1,4	U ²³⁸ , Ra ²²⁶

Изменение объёмной активности радона в почвенном воздухе (рис. 4) может быть связано с деформациями земной коры или с поступлением других газов в районе возможных разломов на исследуемых территориях.

В табл. 1 приведены данные испытаний различных проб, взятых на исследованных территориях.

В результате проведённых работ оптимизирована технология изготовления радонметра, исследованы электрофизические и

радиометрические характеристики изготовленных кремниевых детекторов больших размеров. Использование детекторов большого диаметра позволяет изготовить радиометр, измеряющий заряженные частицы непосредственно в измеряемой ячейке. Этот метод позволяет избежать осаждения радиоактивных веществ на измерительных фильтрах и, следовательно, упрощает процесс измерения.

В результате описанных выше научно-технических работ разработана технология изготовления радиометра.

Радиометры были разработаны с использованием упомянутых выше детекторов для измерения объёмной активности, температуры и влажности в воздухе, воде, почве и других областях, которые могут быть измерены в режиме онлайн.

Были проведены исследования по определению активности в образцах, содержащих радий (продуктом распада которых является радон). С помощью радонметра РР-4М контролировали концентрацию радона в подпочвенном слое, а также в воздухе.

Получены зависимости объёмной активности от влажности. Испытания проводились на различных образцах, взятых с изучаемых территорий.

Разработанная также компьютерная математическая модель позволила обобщить и обеспечить высокое качество информации, получаемой детекторами, и в целом точность информации о радиоактивности.

Библиографический список:

1. Акимов В.А., Винокурова Л.М., Муллағалиева Ф.Г. Радон в Ташкентских квартирах. – Материалы конф. «Радон-2000». Пушино, 2000 г. – С. 18-20.
2. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Муллағалиева Ф.Г., Раджапов Б.С., Зуфаров М.А., Разработка радиометр для экологических и геофизических исследований // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. – Ташкент, 2021. – С. 30-34.
3. Яфасов А.А., Яфасов А.Я. Современные проблемы экологии. Радон // Экологические вестн. – № 4. – Москва, 2000. – С. 47-49.
4. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.A., Radzhapov B.S., Zufarov M.A., Nurboev K.M., Akhmedov G.M. Development of High-Efficiency Silicon Detectors and Electronic Components for Radiometer of Alpha Radiation // Instruments and Experimental Techniques. – Vol. 64, – No. 3. – Moscow, 2021, pp. 444-449.
5. Раджапов С.А., Рахимов Р.Х., Раджапов Б.С., Зуфаров М.А., Шарифов Ш.Ф. Разработка радиометра на основе кремниевых детекторов с большой чувствительной площадью // Computational Nanotechnology. – № 1. – Москва, 2019. – С. 65-68.
6. Раджапов С.А., Рахимов Р.Х., Раджапов Б.С., Зуфаров М.А. Кремний-литиевые ДЕ-детекторы альфа излучения для радиометра // Computational Nanotechnology. – № 2. – Москва, 2019. – С. 157-159.
7. Раджапов С.А., Рахимов Р.Х., Раджапов Б.С., Зуфаров М.А. Расчёт этапов технологического процесса изготовления ППД-детекторов с использованием компьютерного математического моделирования и изготовление альфа радиометра на их основе // Computational Nanotechnology. № 2. – Москва, 2020. – С. 21-28.
8. Muminov R. A., Radzhapov S. A., Mullagalieva F. G., Radzhapov B. S., Zufarov M.A. Development of a large-sized highly sensitive detector based on α -Si-p-i-n heterostructures for radonmeters // Atomic Energy. – Vol. 131. – No. 6. – Moscow, 2022, pp. 354-357.
9. Патент РУз № IAP 04882, 2010. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Лутпуллаев С.Л., Пиндюрин Ю.С., Хусамидинов С.С., Юткин С.В. Устройства для измерения объёмной активности радона в воздухе.
10. Свидетельство на программные продукты РУз № DGU 20180983 от 06.12.2018. Раджапов Б.С., Эргашев К. Программа для микроконтроллера радиометра радона и радия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕДНЫХ ПЕСЧАНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БАБАТАГ»



Рахманов И.Ю.,
начальник
Алмалыкского ОЭТЦ ГУ «ИМП»
Госкомгеологии РУз.



Абдурахмонов С.А.,
профессор кафедры
«Металлургия» Алмалыкского
филиала ТГТУ им. И. Каримова,
Д.Т.Н.



Шакаров Т.И.,
доцент
Кафедры «Металлургия»
филиала НИТУ «МИСиС» (г. Алмалык),
К.Т.Н.

O'zbekiston mis ishlab chiqarish sanoatini rivojlantirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri bu Bobotog' misli qumtosh konidir. Ushbu maqola misli qumtosh rudalarini fizik-kimyoviy hususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. Olingan namunalarning mineralogik, fizik va texnologik hususiyatlari tadqiq qilingan. Misli qumtosh tarkibidagi tog' jinsi hosil qiluvchi oksidlar va asosiy qimmatbaho elementlar moddiy miqdori kimyoviy tahlilning atom-absorbtsion, fotometrik, gravimetrik va boshqa usullari orqali aniqlandi.

Tayanch iboralar: misli qumtosh, «Bobotog'» koni, texnologik namuna, maydalash, yanchish, namlik, zichlik, granulometrik tarkib, elakli tahlil, qimmatbaho komponent, mineralogik tahlil, kristal panjarasi, kimyoviy tahlil.

Месторождение медистых песчаников Бабатаг является одним из перспективных направлений развития медной промышленности Узбекистана. Данная статья посвящена изучению физико-химических свойств медистых песчаных руд. Исследованы минералогические, физические и технологические свойства отобранных проб. Атомно-абсорбционными, фотометрическими, гравиметрическими методами химического анализа определено содержание породообразующих оксидов и основных, также сопутствующих ценных элементов.

Ключевые слова: медистый песчаник, месторождение «Бабатаг», технологическая проба, дробление, измельчение, влажность, плотность, гранулометрический состав, ситовой анализ, ценный компонент, минералогический анализ, кристаллическая решётка, химический анализ.

В последние годы в Узбекистане в целях увеличения производственных мощностей горнодобывающих предприятий принимаются системные меры по повышению эффективности использования и переработки минерального сырья, активному привлечению инвестиций. В частности, согласно пункта 22 «Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 гг.» предусматривается удвоение производства меди за счёт создания кластера медной промышленности [1].

Осадочные месторождения меди являются второй по величине группой месторождений меди, на которые приходится 23% производства меди и мировых запасов, а также известны как важный источник серебра и кобальта [2-3]. По оценкам экспертов в следующем десятилетии потребление меди в секторах производства электроэнергии, производства электромобилей и хранения электроэнергии достигнет примерно 4,6 млн т, а потребление меди увеличится на 7,0 млн. т за тот же период [4].

Одним из наиболее перспективных направлений в реализации этих задач в плане развития медной промышленности, является изучение медистых песчаников (породы, образованные агломерацией песка) гор Бабатаг с общими запасами меди 525,6 тыс. т.

Исследования физико-химических свойств медных песчаных руд месторождения «Бабатаг».

Расположенный в Сурхандарьинской равнине, Бабатаг административно входит в состав Узунского и Кумкурганского районов Сурхандарьинской области. Первые сведения о медистых песчаниках Бабатага были даны Мирошниченко В.П. и Лаптиевым Е.М., проводивших геолого-разведочные работы пресмыкающихся терри-

торий к этим районам. В песчаных горизонтах нижнемеловых отложений они определили наличие медного оруденения. В 1948 г. при проведении именно в этих районах геолого-разведочных работ и изучении геологического строения и тектоники медных песчаников Бронштейн Т.Я. и Наумов А.И. обнаружили наличие медного оруденения в палеогеновых породах.

Позже сотрудниками Кашкадарьинской геолого-разведочной экспедиции Никифоровым В.Н. и другими по результатам геолого-разведочных работ, проведенных в 1978-1981 гг. по юго-восточным склонам Бабатагских гор обнаружено устойчивое развитие прерывистых, разветвленных зон медно-серебряного оруденения и руд малахита и кераргита протяженностью 30 км, которая ограничивается рудным горизонтом Кизилташ (готериновая фаза нижнего мела).

Кроме того, в этих изученных горизонтах установлено, что каждый пласт состоит из трёх перекрывающихся слоёв серого песчаника мощностью 0,9-8,3 м, в которых медно-серебряная минерализация распределена неравномерно. На отдельных участках прерывистых минерализованных оруднённых зон общая мощность пласта достигает 0,5-6,0 м, длина 0,5-3,3 км, с содержанием меди в них 0,5-1,84%, серебра 14-172,2 г/т. Эти минерализованные зоны разделены безрудными участками протяженностью 0,6-3,0 км. В пределах минерализованных зон выделяются промежутики низкой минерализации, протяженностью от 18-50 м до 730 м, которые приводят к разделению минерализованных зон на ряд рудных зон.

Меднопесчаниковые руды имеют линзовидное строение, стратиформные по оруденению (слоистость осадочных пород), по усло-

виям образования относятся к сингенетико-эпигенетическому типу [5]. Отложения меди являются слоистыми, поэтому они ограничены узким диапазоном слоев в пределах осадочной последовательности, но не обязательно следуют за осадочным слоем [6].

На основании вышеизложенного и выполнения темы «Разработка технологической схемы эффективной переработки рудных ресурсов Республики Узбекистан с использованием совре-

менных технологий и аналитического оборудования», утвержденной в марте 2021 г. Государственным комитетом по геологии и минеральным ресурсам и методических рекомендаций, разработанных ВИМС (Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского) произведен отбор технологической пробы из трёх точек медистого песчаника Бабатаг. Карта точек отбора и внешний вид слоя медистого песчаника показаны на рис. 1, а координаты приведены в табл. 1.

Полученную технологическую пробу обрабатывали в установленном порядке (дробление, измельчение и сокращение) и проводили химические, минералогические и технологические исследования.

Первоначально определяли влажность образца и плотность. Обычно в горных породах вода бывает в трёх различных формах: химические (в составе минерала) и физические (на поверхности минерала) воды; вода, связанная капиллярными (связанной и свободной) силами; свободная вода.

Определение плотности образца проводили пикнометрическим методом. По полученным результатам плотность образца составила 2,57 г/см³.

Фактическая плотность минерального сырья – это отношение массы твёрдой фазы к объёму. Это одно из свойств минералов, имеющее важное значение при обогащении минерального сырья [7].

Определение влажности пробы проводили высушиванием (взвешивание, расчет). При этом 4 образца одного состава и одинаковой массы высушивали в лабораторном сушильном шкафу СНОЛ-3,5.3-И41 при температуре 105-110°C и охлаждали в эксикаторе до постоянной массы. Образцы после взвешивания были подсчитаны. По расчетам влажность образца составила 1,95%.

Гранулометрический состав технологической пробы, полученной из меднопесчанниковой руды Бабатаг, определяли ситовым анализом в соответствии с требованиями ГОСТ 24598-81. Ситовой анализ проводили сухим и мокрым методами для разной крупности проб. Результаты представлены в табл. 2.

Степень измельчения пробы зависит от характеристик используемого при этом оборудования (режим работы) и исходного материала (гранулометрический состав, минералогический состав, твердость минерала, излом минерала и др.) [8, 9]. Измельчение образца проводили в лабораторной шаровой мельнице типа МШЛ-14К при постоянном соотношении Т:Ж:Ш= 1:3:11 и различные промежутки времени. Измельченную руду подвергали мокрому ситовому анализу на сите 0,074 мм. Полученные на ситах верхний и нижний продукты сгущали методом обезвоживающей декантации (отделение твёрдой фазы суспензии от жидкой фазы осаждением) и сушили в



Рис. 1. Карта точек отбора проб (а) и вид слоя медистого песчаника Бабатаг (б)

Таблица 1

Координаты технологических замеров точек

Восточная широта / Северная долгота	
68°14'41,40"В	38°14'1,50"С
68°14'41,20"В	38°14'1,30"С
68°14'41,20"В	38°14'39,70"С

Таблица 2

Гранулометрический состав меднопесчанниковой руды Бабатаг

№	Классификация по крупности, мм	Выход		Содержание элементов		Выход элементов, %	
		г	%	Cu, %	Ag, g/t	Cu	Ag
1.	-3 +2	362,2	36,22	2,15	6,92	37,44	36,38
2.	-2 +1	181,0	18,10	1,98	7,05	17,23	18,52
3.	-1 +0,63	17,8	1,78	2,25	8,32	1,92	2,14
4.	-0,63 +0,315	62,6	6,26	2,40	7,68	7,23	6,98
5.	-0,315 +0,14	65,7	6,57	2,31	6,96	7,30	6,64
6.	-0,14 +0,074	96,0	9,60	1,06	4,43	4,89	6,17
7.	-0,074	214,7	21,47	2,33	7,43	23,99	23,16
Итого:		1000,0	100,00	2,08	6,89	100,00	100,00

Таблица 3

Степень измельчения меднопесчанниковой руды Бабатаг

Продукт	Время помола, мин													
	Первичная проба		5		10		15		20		25		30	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
класс крупности +0,074 мм	785	78,5	509	50,9	340	34,0	225	22,5	183	18,3	169	16,9	142	14,2
класс крупности -0,074 мм	215	21,5	491	49,1	660	66,0	775	77,5	817	81,7	831	83,1	858	85,8
первичная проба	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100

Таблица 4

Вещественный количественный состав меднопесчанниковой руды Бабатаг

Элементы и соединения	Содержание по массе, %	Элементы и соединения	Содержание по массе, %
SiO ₂	72,80	Cu	2,08
Al ₂ O ₃	8,95	Zn	0,078
CaO	2,48	Pb	0,0017
MgO	1,60	Sn	0,0004
K ₂ O	2,32	Ni	0,0015
Na ₂ O	3,15	Ti	0,1890
MnO	0,03	Nb	0,0007
TiO ₂	0,01	Sr	0,0214
P ₂ O ₅	0,33	As	0,0006
Fe общ	2,19	Ga	0,0008
Fe ₂ O ₃	1,98	Co	0,0009
FeO	0,19	Mo	0,0007
S общ	0,22	V	0,0043
SO ₃	0,53	Au, г/м	≥0,2
S сульфат	0,01	Ag, г/м	6,89
CO ₂	4,64	H ₂ O	0,24

Таблица 5
Количественные соотношения минералов и размеры их агрегатов в меднопесчаниковых рудах Бабатаг

№	Наименование	Наименование образцов		Размер, мм	
		медный песчаник (обогащенный)	средний образец (первичный)	от	до
1.	чистое золото	единицы	–	0,02	–
2.	чистая медь	единицы	–	0,01	–
3.	акантит	в очень малых кол-вах	–	0,02	0,05
4.	пирит	в очень малых кол-вах	~0,2	0,005	0,08
5.	халькопирит	в очень малых кол-вах	в очень малых кол-вах	0,01	0,03
6.	сфалерит	в очень малых кол-вах	в очень малых кол-вах	0,01	0,03
7.	галенит	в очень малых кол-вах	в очень малых кол-вах	0,01	0,02
8.	халькозин	~ 3,35	в очень малых кол-вах	0,02	0,3
9.	ковеллин	–	в очень малых кол-вах	0,01	0,2
10.	куприт	в очень малых кол-вах	в очень малых кол-вах	0,02	0,07
11.	рутил	~0,01	~0,01	0,01	0,03
12.	гётит	~4,74	~0,3	0,02	0,07
13.	карбонаты (кальцит, анкерит, малахит и азурит)	~5,35	~7,132	0,02	0,06
14.	халькантит	в очень малых кол-вах	в очень малых кол-вах	–	–
Минералы, образующие горные породы					
15.	кварц	~44,54	~43,9	0,04	0,5
16.	плагиоклаз	~22,7	~26,7	0,04	0,3
17.	ортоклаз	~3,13	~9,95	0,02	0,08
18.	серецит	~11,05	~2,05	0,01	0,04
19.	хлорит	~3,91	~6,02	–	–
20.	апатит	0,66	~0,33	–	–

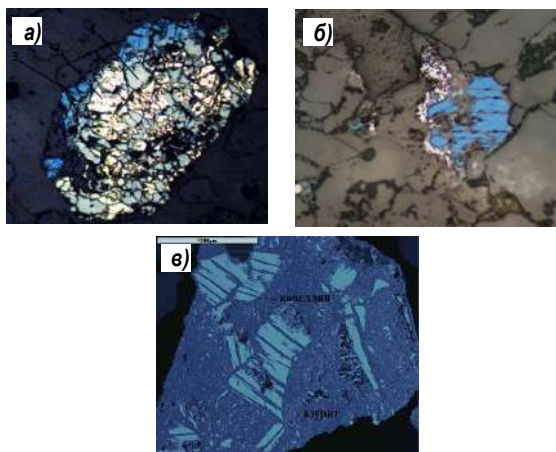


Рис. 2. Появление минералов меди в руде медного песчаника 200х: а – халькозин и пирит; б – ковеллин; в – азурит и ковеллин

лабораторном сушильном шкафу СНОЛ-3,5,3-И41 при температуре 105-110°C. Массу высушенного продукта взвешивали на аналитических весах типа ВЛР-1 кг.

На основании полученных результатов была рассчитана степень измельчения, которая приведена в табл. 3

Существуют разные типы и разновидности руд, которые отличаются друг от друга главным образом составом породообразующих

Таблица 6
Химический состав руды и породообразующих минералов меднопесчаниковой руды Бабатаг по данным электронно-микросондового анализа

Минералы	Состав элемента, %									
	Проба	S	Au	Ag	Cu	Zn	Fe	Si	Формула	
Сульфидные минералы										
Акантит	2-хт-16	13,70	–	81,57	4,73	–	–	–	Ag ₂ S	
Халькозин	2-хт-1	36,52	–	0,028	76,25	0,54*	–	–	Cu ₂ S	
	2-хт-2	75,15	–	–	75,15	0,57	–	–	Cu ₂ S	
	3-хт-3	21,23	–	–	78,41	0,36	–	–	Cu ₂ S	
	3-хт-4	21,77	–	–	77,53	0,48	0,23	–	Cu ₂ S	
Ковеллин	2-хт-3	32,97	–	–	66,52	0,37	–	–	CuS	
	2-хт-4	33,98	–	0,06*	64,44	0,46	0,17	–	CuS	
	2-хт-5	33,57	–	0,38	65,23	0,68	–	–	CuS	
	2-хт-17	33,45	–	1,21	62,80	0,49	–	–	CuS	
	2-хт-18	30,95	–	1,03	61,50	0,57	–	–	CuS	
	3-хт-12	32,77	0,09*	0,74	64,69	0,41	–	–	CuS	
	3-хт-13	31,09	–	0,50	66,72	0,60	–	–	CuS	
	3-хт-14	30,77	–	0,52	66,25	0,44	–	–	CuS	
	3-хт-15	31,04	–	0,37	65,84	0,54	–	–	CuS	
	3-хт-16	32,55	–	0,09*	66,06	0,70	–	–	CuS	
	3-хт-17	32,24	–	–	66,37	0,55	–	–	CuS	
Ковеллин + халькозин	2-хт-8	12,72	–	–	85,78	0,76	0,32	0,40	Cu ₂ S+ CuS	
	2-хт-10	10,47	–	–	88,5	0,53	0,10	0,31	Cu ₂ S+ CuS	
	2-хт-12	15,20	–	–	84,01	0,63	–	0,15	Cu ₂ S+ CuS	
	3-хт-5	12,47	–	–	85,88	0,59	1,05	–	Cu ₂ S+ CuS	
	3-хт-6	8,80	–	–	90,41	0,63	0,16	–	Cu ₂ S+ CuS	
	3-хт-7	6,52	–	–	92,78	0,56	0,12	–	Cu ₂ S+ CuS	
	3-хт-8	11,3	–	–	87,1	0,63	0,91	–	Cu ₂ S+ CuS	
	Оксиды и карбонаты									
Азурит	Проба	CuO	ZnO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Ag ₂ O	MgO	CaO	Формула	
	2-хт-14	63,45	0,57	–	0,52	–	–	–	Cu ₃ [CO ₃] ₂ · [OH] ₂	
	2-хт-15	65,79	2,56	–	0,09*	–	–	–		
	2-хт-19	63,25	0,60	–	–	–	0,87	–		
	3-хт-2	68,67	0,54	0,03*	0,06*	–0,02	–	–		
	3-хт-18	62,08	0,47	–	–	0,04*	–	–		
	3-хт-19	65,85	1,15	0,64	2,81	–	–	–		
	3-хт-20	66,13	0,75	–	–	–	1,69	–		
3-хт-22	76,27	0,67	0,28	8,89	–	–	–			
Малахит	2-хт-20	70,11	0,34	–	6,26	–	0,41	0,22	Cu ₃ [CO ₃] ₂ · [OH] ₂	
Сульфаты										
Халькантит	Проба	CuO	ZnO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Ag ₂ O	MgO	SiO ₂	Формула	
	2-хт-6	78,40	–	0,43	17,92	–	0,10*	–	0,40	CuSO ₄ ·5H ₂ O
	2-хт-7	79,10	0,55	–	19,23	–	–	0,60	CuSO ₄ ·5H ₂ O	
	2-хт-9	82,16	0,72	0,35	22,65	–	–	0,60	CuSO ₄ ·5H ₂ O	
	2-хт-11	86,67	0,51	–	19,09	–	–	0,48	CuSO ₄ ·5H ₂ O	
	2-хт-13	81,95	0,61	–	27,53	–	–	0,22	CuSO ₄ ·5H ₂ O	
	3-хт-11	76,99	0,57*	1,12	18,95	–	–	–	CuSO ₄ ·5H ₂ O	
3-хт-21	79,33	0,72	–	20,14	0,10*	–	–	CuSO ₄ ·5H ₂ O		

Примечание: * – полуколичественные расчетные цифры

щих оксидов – SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O. Содержание этих соединений определяется химическим анализом.

Методы химического и физико-химического анализа включают четыре последовательных взаимосвязанных процесса:

- раскрытие поверхности минерала и отделение её от других частиц;
- маскирование или отделение мешающих элементов;
- аналитическое измерение волн;
- расчёт состава определяемого элемента [10-11].

Количество породообразующих оксидов и основных ценных элементов Cu и Ag в составе медистых песчаников, определяли атомно-абсорбционными, фотометрическими, гравиметрическими и другими методами химического анализа. Кроме того, спектральными и рентгенологическими методами анализа определяли количество сопутствующих основным ценным компонентам элементов Zn, Pb, Ni и других. Полученные результаты приведены в табл. 4.

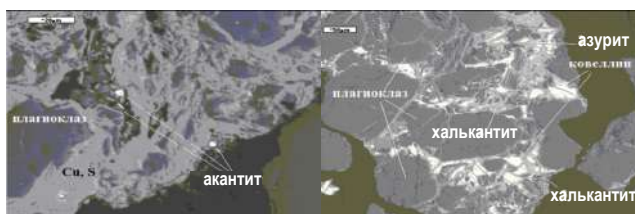


Рис. 3. Минералы акантит и сульфат меди

Минералогический анализ меднопесчаниковой руды проведён с использованием химического, атомно-абсорбционного, рационального и микрозондового анализа. При этом велись работы по поиску ценных соединений, изучению их форм и установлению их связи с минеральными и неминеральными полезными ископаемыми.

При исследовании образцов проб под бинокулярным микроскопом МБС-8 установлено, что медистые песчаники содержат следующие минералы: кварц, калиевый и натриевый полевые шпаты, слюда, отчасти гидроксид железа. В верхнем слое медистого песчаника развита корка из углеродистых сланцев.

При исследовании подготовленных из образцов аншлифа и прозрачных шлифов под поляризационным микроскопом «Nicon ECLIPSE LV 100 N POL» минералы пробы были разделены на следующие группы:

- чистые минералы: золото и медь;
- основные рудообразующие минералы: акантит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, халькозин, ковеллин, халькантит, куприт, гётит и гидрогётит, а также малахит и азурит из аналогов карбоната меди;
- основные породообразующие минералы: кварц, плагиоклаз, ортоклаз, серецит, хлорит, кальцит и анкерит;
- акцессорные минералы: ильменит, апатит, ярозит (табл. 5).

Медь в образце находится в виде халькопирита, халькозина, ковеллина, халькантита, малахита, азурита.

Халькопирит в пробе встречается в малых количествах, при этом его форма неопределенная, а структура – ксеноморфная. Грани кристаллов халькопирита изменчивые и формируются вторичные минералы халькозина и ковеллина. Размеры варьируются от 0,01 мм до 0,03 мм. Ковеллин и халькозин являются основными минералами в меднопесчаниковых рудах Бабатагских гор и образуются в средне-мелкозернистой форме и всегда встречаются вместе. Например, по результатам электронно-зондового анализа в ковел-

лине и халькозине содержание элементов таково: Cu – 84,01%; S – 15,20%; Zn – 0,63%; Si – 0,15%.

В кристаллической решётке ковеллина прорастает золото и серебро. Например, содержание золота в ковеллине составляет 0,09% золота, а серебра от 0,02% до 1,21%.

Ковеллин и халькозин встречаются в рудных и нерудных минералах. Внешний вид формы призматический и беспорядочный аллатриоморф (рис. 2а, б). Размер от 0,01 мм до 0,2 мм.

Галенит встречается вместе с азуритовым минералом. Форма мелкопрожилковая и игольчатая.

В этом образце также обнаружен халькантитовый минерал сульфата меди. Халькантит образуется на границе плагиоклаза. Халькантит в основном встречается в сочетании с минералами акантитом, азуритом и купритом. При электронно-микрозондовом анализе количество сульфата меди варьируется, т.е. количество оксида серы SO_3 варьируется от 8,89% до 27,53%, а количество оксида меди CuO варьируется от 76,27% до 86,67%.

Количественный состав карбонатных минералов составляет около 5,35 %, основная часть которых относится к группе гидрокси-карбонатов малахита, азурита и кальцита и в меньшей степени анкерита (табл. 6). Малахит и азурит встречаются вместе с ковеллином, халькозином и породообразующими минералами. Форма призматическая и лентообразная. Размеры колеблются от 0,01 мм до 0,2 мм (рис. 2в).

По результатам электронно-микрозондового анализа в решетке кристаллов азурита прорастает серебро. Например; содержание серебра в составе азурита 0,04% (табл. 6).

По результатам микрозондового анализа основной минерал серебра находится в основном в халькантитах, т. е. в медном купоросе, и в границах минерала плагиоклаза. Основным минералом серебра является акантит, относящийся к группе сульфидных минералов. Форма акантита круглая и короткопризматическая. Размер около 0,02 мм (рис. 3).

Серебро в малых количествах развито в кристаллической решётке минералов халькозина, ковеллина и азурита. Количество серебра в кристаллических решётках минералов колеблется от 0,02% до 1,21%. По результатам микрозондового анализа содержание серебра, меди и серы следующее: Ag – 81,57%, Cu – 4,73%, S – 13,70% (табл. 6).

По результатам химического анализа видно, что количество серебра в богатых малахитом и азуритом медистых песчаниках больше, чем в песчаниках, покрытых углеродистыми сланцами.

Библиографический список:

1. Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года.
2. Волков А.В., Новиков И.А., Разумовский А.А., Мурашов К.Ю., Сидорова Н.В. Геохимические особенности и условия образования медистых песчаников Оренбургского Предураля. *Литосфера*, 2018. – Т. 18, – № 4. – С. 593-606.
3. Sediment-Hosted Copper Mineralization in Bavanat Region, Southern Sanandaj-Sirjan, Iran. K. Noori Khankahdani*, M. Karimi. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran* 30(1): 61 - 75 (2019).
4. Layton M.J., Nugent O., Liao T.X. and others. *Citi Research. Copper Book: 2021-2030 Outlook*, 07 October 2021.
5. Отчёт «Проведение общих поисков на медь и других полезных ископаемых в Северной и Южной части Бабатагских гор и поисково-оценочных работ на участке Чаргогасой в 1978-1981 гг.» Кашкадарьинской ГРЭ.
6. Sediment-Hosted Copper Deposits of the World: Deposit Models and Database. By Dennis P., Cox, David A., Lindsey, Donald A., Singer, Barry C., Moring, and Michael F., Diggles. <http://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-10.7>.
7. Остапенко П.Е. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. – М.: Недра, 1990. – 264 с.
8. Серго Э.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – 285 с.
9. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. – Т. 1. – М.: ИМГУ, 2001. – 472 с.
10. Шакаров Т.И., Акбаров М., Бекбутаева Н.Н., Рустамов Ш.Ш. Флотационное обогащение медленно охлажденного шлама медеплавильного производства. *EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH*, Volume 2 Issue 11, October 2022, pp. 905-907.
11. Трубочев А.И., Корольков А.Т., Радомская Т.А. Парагенезисы минералов и формы их выделения – как отражение этапов формирования месторождений медистых песчаников и сланцев *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2019. – Т. 330. – № 9. – С. 70-89.

ВОЗМОЖНОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ В ГОРНОЙ МАССЕ



Воробьев А.Е.,
профессор ФГБОУ ВО Грозненский
государственный нефтяной университет
им. академика М.Д. Миллионщикова, д.т.н.



Кожоголова Г.К.,
инженер лаборатории изучения
современных движений земной коры
методами космической геодезии (ЛГПС),
Научная станция НАН, Кыргызстан

Tog' jinslarida nanozarrachalar hosil bo'lish imkoniyatlari va shartlari keltirilgan. Tabiiy va texnogen nanozarrachalarning zamonaviy tipifikatsiyasi berilgan. Biosferada tabiiy nanozarrachalar hosil bo'lishiga olib keladigan mavjud tabiiy jarayonlar tasvirlangan. Daryo suvlarida oltin nanozarrachalarining hosil bo'lish mexanizmi tushuntirilib, ulardagi turli metallarning nanozarrachalarining nisbati ko'rsatilgan. Tog' jinslarida topilgan nanopartikullarning har xil turlarini ko'rsatish. Litosferada nanozarrachalar hosil bo'lishining turli mexanizmlari ochib berilgan.

Tayanch iboralar: nanozarrachalar, tipifikatsiya, jinslar, shakllanish, mexanizm.

Представлены возможности и условия формирования наночастиц в горной массе. Дана современная типизация природных и техногенных наночастиц. Расписаны существующие естественные процессы, приводящие к образованию природных наночастиц в биосфере. Объяснен механизм формирования наночастиц золота в речных водах и показано соотношение в них наночастиц различных металлов. Показаны различные виды наночастиц, установленные в горных породах. Раскрыты различные механизмы образования наночастиц в литосфере.

Ключевые слова: наночастицы, типизация, горные породы, формирование, механизм.

После практически случайного открытия в 1985 г. таких наночастиц, как фуллерены, произошел стремительный рост выявления числа их видов и типов (рис. 1).

В результате, в настоящее время количество наименований, выявленных природных или техногенных наночастиц превысило значение 10000 [2, 13].

Среди такого обилия значительный интерес представляют природные наночастицы, генезис которых, как оказалось, имеет в принципе глобальный, биосферный [11] характер. Так, недавняя экспертная оценка предполагает, что образование природных наночастиц только в результате биогеохимических процессов происходит в диапазоне нескольких тысяч *тераграммов* в год (1 Тг = 1 млн. *метрических тонн*) [21].

При этом, важно отметить, что наночастицы преимущественно образуются на фазовых границах: «твёрдое – газовое», «жидкое – газовое» и «твёрдое – жидкое». В частности, наночастицы золота могут образовываться из его ионов в речной среде, под воздействием солнечного света (рис. 2).

Необходимо отметить, что наночастицы в природных водах представлены в основном золотинками Au, а также оксидами и гидроксидами Fe, Al, Si, Mn (рис. 3).

В результате, в литосфере, а точнее – в горных породах, наночастицы различной формы (табл. 1), размеров и химических составов довольно широко представлены [2].

С точки зрения химического состава природные наночастицы (образуемые в литосфере) могут представлять собой довольно широкий спектр элементов, наиболее распространенными из которых являются:

– оксиды/гидроксиды металлов (например, оксиды/гидроксиды железа: гетит, лепидокрокит, акаганеит и швертманнит, нанокристаллические гидроксиды алюминия, оксиды и гидроксиды марганца и др.);

- восстановленные металлы или их сплавы (например, наночастицы восстановленных металлов в гидротермальных выбросах);
- сульфиды (например, Cu и Zn-содержащие пириты FeS₂ и ZnS, и нанофраamboиды в высокотемпературных гидротермальных выбросах черных курильщиков [3]);
- сульфаты, галогениды и карбонаты;
- аллотропы углерода и другие неметаллы;
- силикаты (например, аллофан, мелкие шарики имоголита, волокнистые глинистые минералы, включая сеполиты и палыгорскиты, асбест, минеральные пластинки и ядра минералов в силикатных породах и др.).

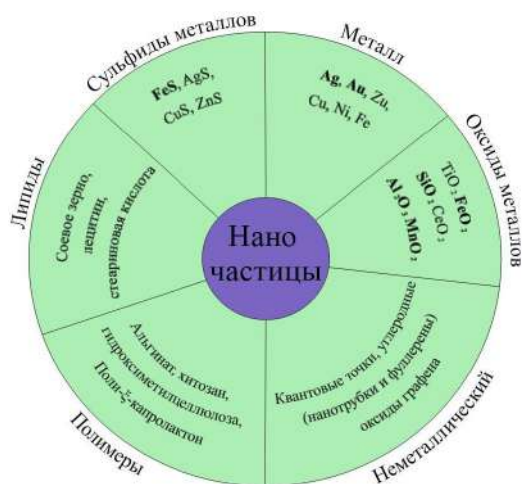


Рис. 1. Типизация природных (жирное) и техногенных наночастиц [21]

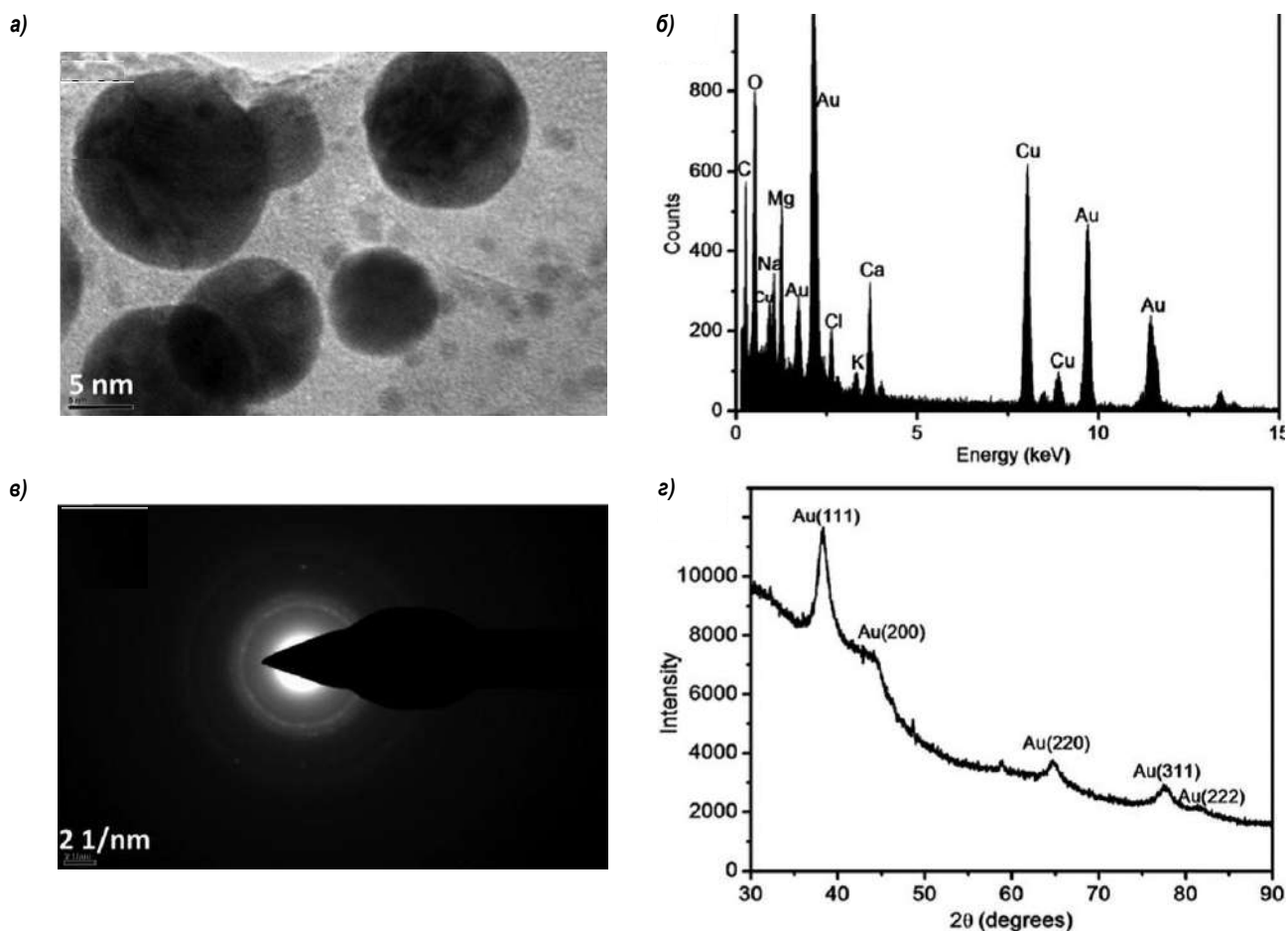


Рис. 2. ПЭМ-изображение (а) наночастиц золота, образующихся в речной воде под воздействием солнечного света, с соответствующей картиной ЭДС (б) и SAED (в) наночастиц золота [21]. Также приведены результаты РФА наночастиц Au, образованных в речной воде под действием солнечного света (з)

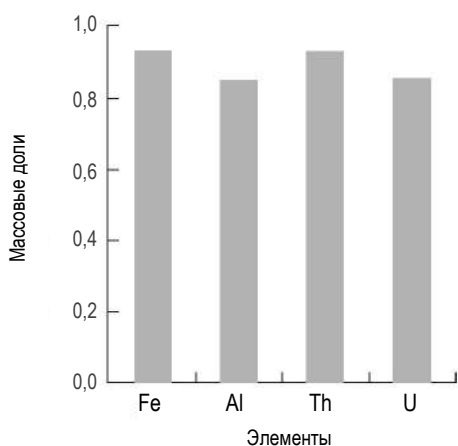


Рис. 3. Сравнительные доли наночастиц химических элементов в речных водах [17]

Однако у всех этих наночастиц, образованных в литосфере, существует принципиально различный генезис: это могут быть наночастицы, сформированные в различных минералах (например, ещё в период кристаллизации матрицы их носителя), или же образованные в последующие этапы, путём химического синтеза, а также самоизмельчения.

На такой основе была разработана группировка методов природного образования наночастиц и наночастиц (рис. 4).

В частности, исследование зёрен циркона, посредством сканирующей ионной визуализации циркона (рис. 5) выявило наличие сгустков, богатых Pb, которые вместе с данными компьютерной томографии, подтверждает их размер в десятки нанометров. Причём выявленные в зёрнах циркона наночастицы Pb встречаются либо в виде отдельных капель, либо связаны с аморфной фазой, богатой кремнезёмом, и неидентифицированной аморфной фазой Ti-Al.

Последующее, более детальное исследование, осуществлённое с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ), показало, что присутствующие в цирконах наночастицы Pb представлены в основном в виде двух типов: довольно выраженных металлических наносфер и многогранников (рис. 6), размерами 5-35 нм.

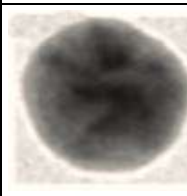
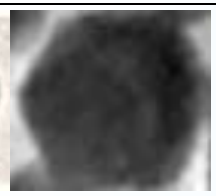
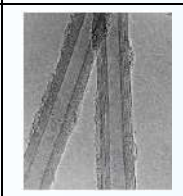
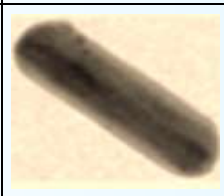


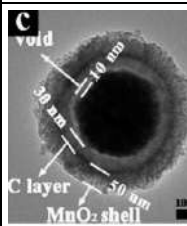
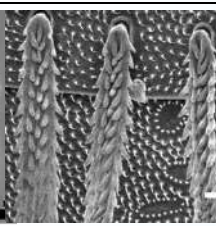
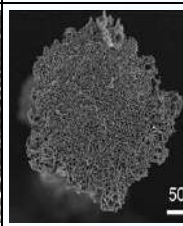
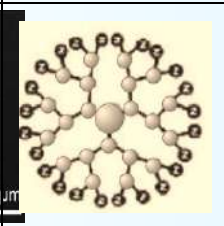
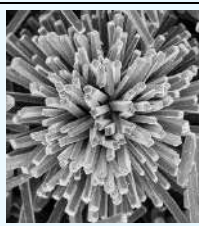
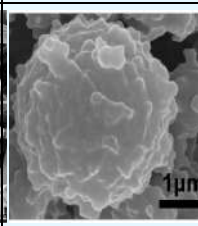
Оказалось, что эти наночастицы Pb вошли в состав цирконов ещё в период их метаморфного образования.

Необходимо отметить, что в результате проявления значительных тектонических процессов также различного генезиса были образованы такие нанообъекты, как природные наноалмазы (рис. 7), имеющие характерные размеры от нескольких до первых сотен нм [5].

Например, некоторые наноалмазы, получившие название «импактные», образовались при взрыве тел астероидов или комет, при их соударении с поверхностью Земли, что было установ-

Таблица 1

Полученные результаты по определению Ra, U, Pb и рассчитанные значения коэффициентов радиоактивного равновесия-K_{pp} и возрасты отобранных образцов – T

Наносфера	Многогранник	Нанотрубка	Наностержень	Гантеля	Наноспираль
					
Нанокольца	Конусы	Чешуйки	Дендримеры	Фрактальные кристаллы	Фуллерены
					

лено в гигантском метеоритном кратере на севере Сибирской платформы (Попигайская астроблема, РФ [10]) или месторождении Кумдыколь (Казахстан).

В центре такой алмазной наночастицы, как правило, расположено её ядро (рис. 8), в котором атомы углерода находятся в состоянии sp³-гибридизации кубической сингонии гранецентрированной решётки, с максимально возможной в биосфере морфологической симметрией.

Еще одна разновидность наноалмазов, представленных в виде алмазоподобных молекулярных структур, была установлена в природной нефти, где в соответствии с разработанным механизмом они синтезировались из фрагментарных частей: в частности, сырая нефть содержит различные наноалмазоиды – адмантан (C₁₀H₁₆), диамтанан (C₁₄H₂₀), триамтанан (C₁₈H₂₄) и др. Установленный кавитационный механизм синтеза наноалмазов из C_nH_m и CH₄ [7], довольно хорошо согласуется с имеющимися данными по их изотопии, а также наличием в них неравновесных газовых включений, их парагенезисом с муассанитом и др.

Помимо наноалмазов в литосфере известны и другие наночастицы, выполненные углеродом. Так, графены и углеродные нанотрубки (УНТ) были выявлены в составе различных магматических и осадочных горных пород [6]. В частности, они формируются в графитовых глобулах вулканических пород, а также различного вида седиментах, где давление, присутствующие частицы металлических катализаторов, имеющиеся существенные сдвиговые напряжения и временной фактор (исчисляемый миллионами лет), совместно компенсируют в их синтезе отсутствие необходимых высоких температур. Было проведено экспериментальное лабораторное моделирование подобных природных процессов, на основе которых и показана реальность образования углеродных структур наноалмазов при пиролизе вулканических газов на лавовых катализато-

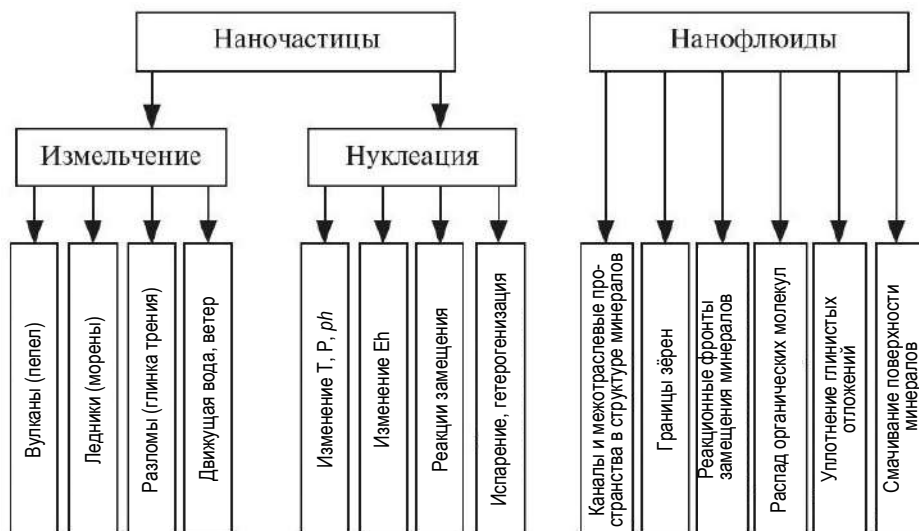


Рис. 4. Группировка методов образования наночастиц и нанофлюидов [17]

рах, при одновременной механической активации и обработке аморфного углерода или битуминозного угля.

Определенный научный интерес имеют и наночастицы железа, установленные в рудах и породах, и обладающие целым спектром довольно интересных физико-химических свойств и характеристик [1]. Их генезис также весьма различен. В частности, в ходе геохимического обследования минерализованных зон железорудного месторождения Пенья Колорада (южная Мексика) были обнаружены наночастицы магнетита, размером от 2-14 нм [18]. Так, кристаллографические исследования с использованием ПЭМ высокого разрешения показали в горных породах этого объекта наличие наночастиц, с демонстрацией явной наноструктуры магнетита, ориентированной вдоль направления напластования, с весьма близкими межплоскостными расстояниями.

При этом, было установлено, что сферические наночастицы Fe обладают наибольшим магнитным насыщением, а кубические и эллипсоидальные наночастицы занимают следующие места соответственно [19].

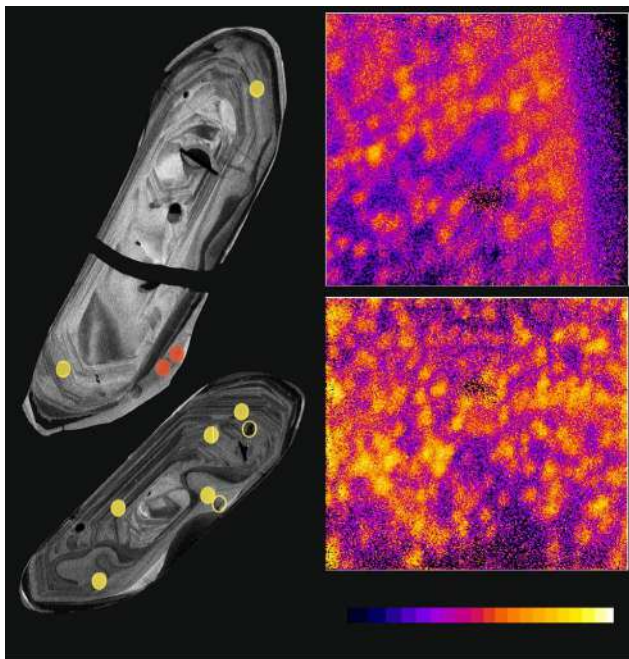


Рис. 5. CL-изображения циркона совместно со сканирующими ионными изображениями распределения Pb [22]. Цветные эллипсы показывают расположение наночастиц Pb (закрашенные). Большие белые квадраты показывают область, исследуемую с помощью сканирующей ионной визуализации (80 × 80 мкм)

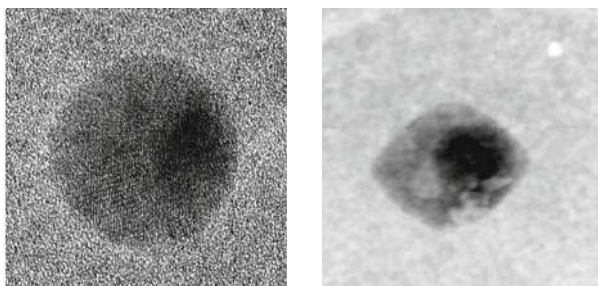


Рис. 6. Наносферы и многогранники Pb, представленные в цирконе

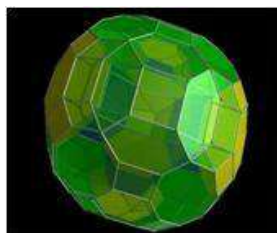


Рис. 7. Частица наноалмаза



Рис. 8. Модель структуры частицы наноалмаза [15,16]

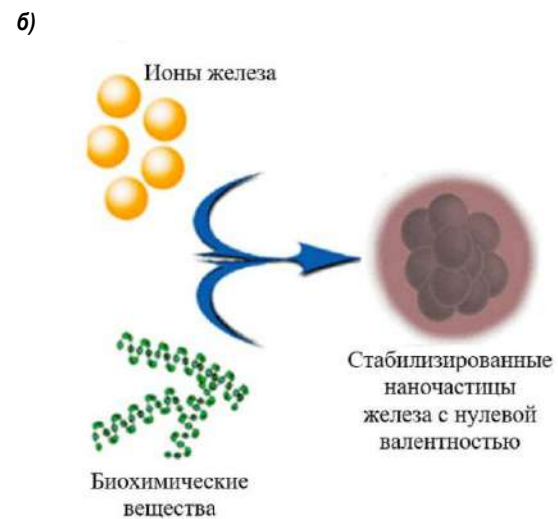
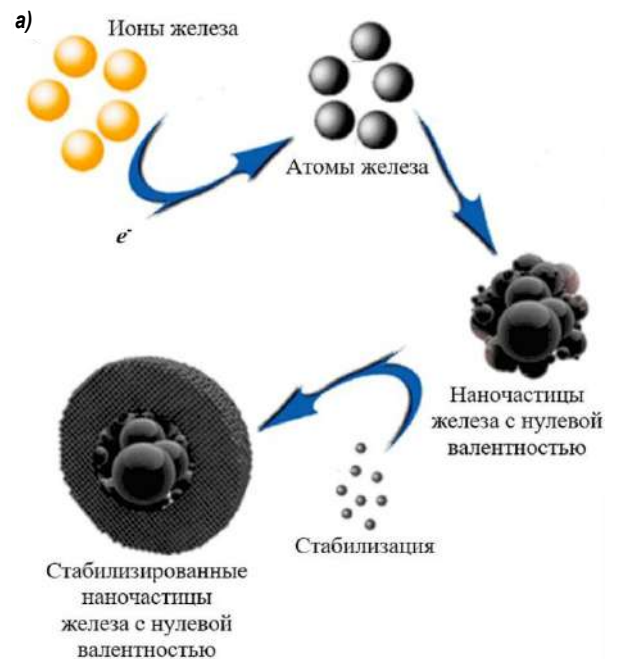


Рис. 9. Химическое (а) и биологическое (б) восстановление ионов железа до наночастиц нульвалентного железа (ZVINP) и их стабилизация [19]

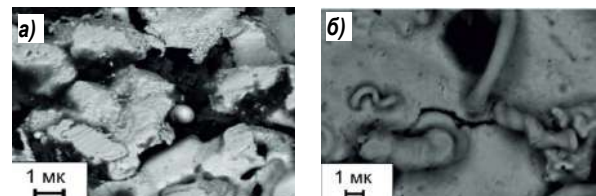


Рис. 10. Природные наносферы (а) и наноспирали (б) золота [8]

Установлено, что такие наночастицы железа имеют химический и биологический механизм образования, т. е. практически полностью биосферный генезис (рис. 9). Кроме рассмотренных процессов, в литосфере известен механизм формирования наночастиц вследствие протекания процессов метаморфизма. В частности, процесс метаморфизма пирита, вызванный внедрением даек долерита, приводит к обособлению примесного золота в его мельчай-

шие индивиды – наночастицы [12]. Этот процесс подтверждают и осуществлённые лабораторные эксперименты, обнаруживающие «невидимое» золото в сульфидах при их нагревании до значения температуры 300-400°C. В ходе таких экспериментов было замечено, что «видимые» частицы золота (золотины) становятся более пористыми и диспергируются, а мельчайшие их разновидности – укрупняются и сегрегируются, отлагаясь в имеющихся порах, трещинах, межзерновых или межблоковых пространствах матрицы минерала-хозяина.

В результате, наноразмерные формы золота обычно концентрируются в арсенипирите, пирите и пирротине, а также оксидах металлов (кварце, магнетите и хромите), и в меньшей степени – в карбонатах, силикатах и органическом веществе [12].

Процесс формирования многочисленных морфологических типов частиц нанозолота также имеет своё объяснение, исходя из известных механизмов кристаллизации вещества из промежуточного (кватаронного) его состояния [12, 14]. В результате чего, наночастицы золота могут иметь форму различных нанотрубок (как полых, так и заполненных), стержней, конусов, сфер (со следами кристаллографических граней), фуллереноподобных структур, дендритов, колец, наноспиралей (рис. 10), многогранников, фрактальных кристаллов, чешуек и т.д., а также множества комбинаций из этих базовых форм и фрактальных агрегатов.

Также минеральные наночастицы, появляются вследствие разрушения более крупных агрегатов (например, образование наночастиц золота в россыпях [4]). Так, экспериментальные исследования (сочетание микроструктурного, минералогического, текстурного и химического анализов, наряду с масс-спектрометрией и высокоразрешающей сканирующей электронной микроскопии) переноса и осаждения золота в минеральных образцах, где нет видимого золота, обнаруживает его наночастицы [9]. При этом необходимо отметить, что наноразмерные частицы в плоскостях сдвига горных пород, как правило, развиваются довольно часто и стабильно, с некоторыми специфическими закономерностями их формирования и эволюции.

Так, такой процесс формирования и эволюции наночастиц можно подразделить на 4 этапа [20]:

1. Стадия грануляции: гранулированные наночастицы (обычно диаметром в десятки нанометров) обычно превращаются в частицы с лучшей округлостью и сферичностью. Эти гладкие и ускользящие частицы похожи на устричные жемчужины (рис. 11а, б). Поскольку наночастицы образуются в результате скольжения и измельчения, их также называют мелющими зёрнами.

2. Стадия преобразования: отчужденные (или изомерные) наночастицы становятся изменяющимися телами, и они тесно выровнены друг с другом, образуя некие мозаичные текстуры (рис. 11в, г).

3. Стадия воссоединения: отдельные нанозёрна концентрируются в составные зёрна, размер которых обычно составляет 200–400 нм. Составные нанозёрна способны оптимизировать свою ориентацию (рис. 11д), включая предпочтительные формальные и кристаллографические.

4. Стадия воспроизводства: составные зёрна под действием касательных напряжений претерпевают пластическую объёмную деформацию и образуют разные массы, а затем на поверхности могут регенерировать новые наночастицы (рис. 11е). В пространственно-временном распределении наноразмерные частицы на плоскостях сдвига горных пород имеют жизненный цикл, включающий зарождение, развитие и эволюцию (вплоть до исчезновения).

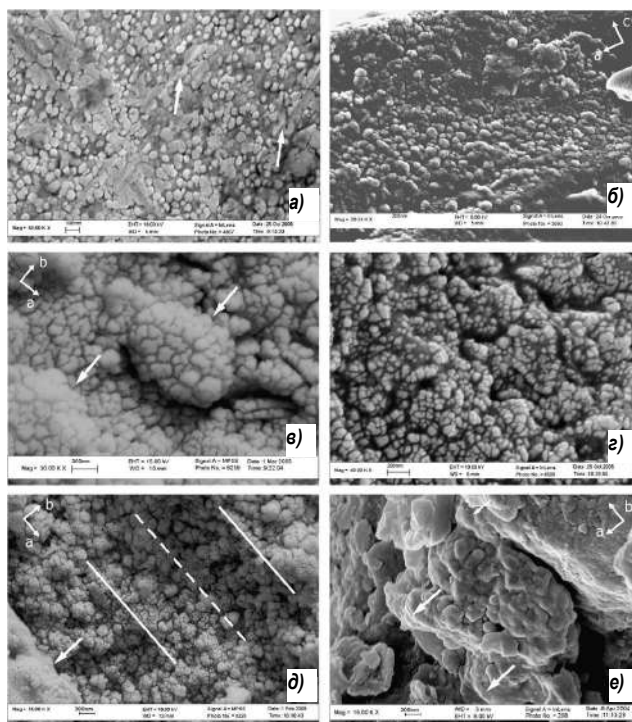


Рис. 11. СЭМ-фотографии слоя наноразмерных частиц в плоскости сдвига в разных горных породах, в разных масштабах и для разных видов [20]: а) наноразмерные частицы, находящиеся в концентрированном распределении, и линии Людера (стрелки), образованные наноразмерными линиями в плоскости спайности (плоскость абсцисс) проскальзывания напластования в сланцах; б) близко расположенные в плоскости расслоения наноразмерные частицы в гнейсо-гранитовом милоните; в) – наноразмерные частицы с отчуждением и мозаичной текстурой, концентрирующиеся в сложенные мелющие зёрна (стрелки) (направление ее длинной оси параллельно оси а в слоении Кашио, Япония); г) наноразмерные частицы, образующие мозаичные текстуры (ab) в плоскости трещины микросдвига в милонитовом граните, прошедшем испытание высокой температурой и высоким давлением; д) двухслойная структура, как гладкая плоскость (стрелка), так и шероховатая плоскость, на поверхности динамической тонкой оболочки в мезозойском сбросе и шероховатой плоскости образуются сложенные зёрна измельчения, гребни скольжения (направление сплошной линии) и впадины скольжения (штриховая линия), параллельные оси а; е) составленные шлифовальные зёрна в форме блина из динамической тонкой оболочки обратного разлома в песчанике и передний край пластического течения, имеющий особенность формы языка

Таким образом, согласно этому механизму природные наноразмерные частицы образуются за счёт трения скальных пород между собой и геометрического разрушения отдельных их разновидностей.

В заключении следует отметить, что охарактеризованные механизмы формирования различных наночастиц носит повсеместный, глобальный, характер, а их многочисленные типы и виды еще подлежат дальнейшему выявлению, уточнению и детальной проработке.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00444, <https://rscf.ru/project/23-27-00444/>, 2023 г.

Библиографический список:

1. Воробьев А.Е. Выявленные особенности физико-химических свойств наноминералов железа // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. Материалы XX Международной научно-технической конференции. ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, 2015. – С. 124-132.

2. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Наноинженерия топливно-энергетического комплекса. Т 2. Наноассоциаты пород и наноминералы. М., РУДН. 2019. 411 с.
3. Воробьев А.Е., Ибрагимов Р.Р., Котенева Л.А. Добыча сульфидных руд на подводном руднике со дна Новогвинейского моря // Горный вестник Узбекистана, №1 (60). 2015. С. 13-18.
4. Воробьев А.Е., Трабеллси С. Виды наночастиц золота, в геогенном и техногенном минеральном сырье // Горный журнал Казахстана, №2. 2015. С. 18-21.
5. Воробьев А.Е., Щесняк Е.Л., Шу Ай Ян, Щесняк К.Е., Жуков А.П., Воробьев К.А. и др. Природные и техногенные наноалмазы: основные характеристики и особенности получения. М., РУДН. 2020. 428 с.
6. Зейналов Э.Б., Гусейнов А.Б., Магеримова М.Я., Гулиев И.С. Углеродные наноструктуры в горных породах: обзор проблемы. Часть 2. Графен, углеродные нанотрубки, нановолокна // Азербайджанское нефтяное хозяйство № 9. 2020. С. 22-31.
7. Лукин А.Е. Минеральные сферулы — индикаторы специфического флюидного режима рудообразования и нефтидогенеза // Геофизический журнал № 6. Т. 35. 2013. С. 10-53.
8. Медведев Е.И., Молчанов В.П., Ивин В.В. Микро- и наночастицы природного ртутистого золота Фадеевского рудно-россыпного узла (Приморье) // Фундаментальные исследования. № 9-8. 2014. С. 1765-1768.
9. Наночастицы благородного металла в рудных системах // www.researchgate.net/Noble_Metal_Nanopart.
10. Попугайская астроблема // <http://j-times.ru/rossiya/popigajskaya-astroblema.html>.
11. Пучков Л.А., Воробьев А.Е. Человек и биосфера: вхождение в техносферу: Учебник для вузов. – М.: МГТУ, 2000. – 342 с.
12. Сазонов А.М., Звягина Е.А., Леонтьев С.И. и др. Ассоциации микро- и наноразмерных обособлений благороднометалльного комплекса в рудах // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. № 1. Т. 1. 2008. С. 17-32.
13. Санакулов К.С., Воробьев А.Е., Норов Ю.Д. Начало промышленного применения нанотехнологий в недропользовании. Ташкент. Фан. 2017. 496 с.
14. Санакулов К., Воробьев А.Е., Чжан Л. Физико-химические свойства наночастиц золота в рудах и катализаторах // Горный вестник Узбекистана № 4 (91). 2022. С. 79-84.
15. Фокин А.А., Решетилова О.К., Бахонский В.В., Пащенко А.Е., Киверник А., Жук Т.С., Джонатан Беккер, Джереми Э.П. Даль, Роберт М.К. Карлсон и Питер Р. Шрайнер. Синтетическое легирование алмазодов посредством скелетного редактирования. 2022. DOI: 10.1021/acs.orglett.2c00982.
16. Яковлев Р.Ю. Демонационный наноалмаз, как перспективный носитель биологически активных веществ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова. Рязань. 2016. 267 с.
17. Alekseyev V.A. Nanoparticles and nanofluids in "water-rock" interactions. *Geokhimiya*. 2019. pp. 343–355. DOI: 10.31857/S0016-7525644343-355.
18. Rivas-Sanchez M.L., Alva-Valdivia L.M., Arenas-Alatorre J., Urrutia-Fucugauchi J., Perrin M., Goguitchaichvili A., Ruiz-Sandoval M. and Ramos Molina M.A. Natural magnetite nanoparticles from an iron-ore deposit: size dependence on magnetic properties // *Earth Planets Space*, 61. 2009. pp. 151–160.
19. Seyede-Masoumeh Taghizadeh, Aydin Berenjian, Marziyeh Zare and Alireza Ebrahimezhad. New perspectives on iron-based nanostructures // *Processes*, 8. 2020. 1128. DOI:10.3390/pr8091128.
20. Sun Y. et al. Recent progress in studies on the nano-sized particle layer in rock shear planes // *Progress in Natural Science* 18. 2008. pp. 367–373.
21. Virender K. Sharma, Jan Filip, Radek Zborilb and Rajender S. Varma. Natural inorganic nanoparticles – formation, fate, and toxicity in the environment // *Chem. Soc. Rev.* 44. 2015, pp. 8410-8423. DOI: 10.1039/c5cs00236b.
22. Whitehouse M.J. et al. Metallic Pb nanospheres in ultra-high temperature metamorphosed zircon from southern India // *Miner Petrol* 111. 2017. pp. 467–474. DOI 10.1007/s00710-017-0523-1-474.

НФ-630; НФ-1200М-03

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫЙ СТАНОК**



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

TURG'UN BO'LMAGAN PORTLASH TO'LQININI ELASTIK MUHITDAGI SILINDRIK INSHOOTGA YUKLANISHI

Bu ishda elastik muhitda joylashgan silindrik inshootga portlash to'lqinlarni tarqalishi massalasining qo'yilishi, yechish metodikasi, algoritimi va sonli natijalar tahlili keltirilgan. Shuningdek, tekis deformatsiya holati masalasi ko'rib shiqilgan. Buning uchun tushadigan yuklanish fronti silindr bo'ylama o'qqiga paralel deb olinadi. Portlash to'lqini tushishida muhitda hosil bo'ladigan plastik kuchlanishlar va deformatsiya holati Koyley va Zeyttsning taklif etgan plastik kriteriya asosida hisobga olinadi. Deformatsiyalanuvchi muhit uchun umumlashgan Guk qonuniga o'xshash ikki chiziqli plastiklik nazariyaning kiriteriyasi o'rinni bo'ladi. Olingan model uchun ko'chishlarda harakat tenglamalari olinadi va plastik to'lqinlarning tarqalish tezligini ifodalovchi aniq formulalar olinadi. Shuningdek tekis pog'onali siqilish to'lqinining qattiq silindrik jisimdagi diffraksiyasi muammosi o'rganildi. Sonli natijalar olinib tahlil qilindi. Puasson koeffitsenti 0,25 bo'lgan plastik holatda elastik holatda mos keladigan qiymatlarga nisbatan radial kuchlanishning maksimal pasayishi 10% va kontur kuchlanishining 20% gacha oshishi topilgan.

Tayanch iboralar: silindrik jisim, plastik deformatsiya, diffraksiya, portlash to'lqini, kuchlanish-deformatsiya holati, ko'chish, model, inshoot, Puasson koeffitsenti, Guk qonuni.

В данной работе представлена задача о распространении взрывной волны в цилиндрической конструкции, находящейся в упругой среде, а так же методика её решения, алгоритм и анализ численных результатов. Так же рассмотрена проблема случая плоской деформации. Для этого предполагается, что фронт падающей нагрузки параллелен продольной оси цилиндра. Состояние пластических напряжений и деформаций, возникающих в окружающей среде при воздействии взрывной волны, рассчитывается на основе критерия пластичности, предложенного Коилером и Зейтцом. Для деформируемой среды подходит критерий теории билинейной пластичности, аналогичный обобщенному закону Гука. Для полученной модели получены уравнения движения в перемещениях, а также точные формулы, выражающие скорость распространения пластических волн. Исследована задача о дифракции плоской ступенчатой волны сжатия в твёрдом цилиндрическом теле, получены и проанализированы численные результаты. Максимальное снижение радиального напряжения на 10% и увеличение контурного напряжения до 20% были обнаружены в пластической среде с коэффициентом Пуассона 0,25 по сравнению с соответствующими значениями в упругой среде.

Ключевые слова: цилиндрическое тело, пластическая деформация, дифракция, взрывная волна, напряженно-деформированное состояние, перемещение, модель, сооружения, коэффициент Пуассона, закон Гука.



Kulmuratov N.R.,
NDKTU
«Mashinasozlik texnologiyasi»
kafedrası dotsenti, PhD

Plastik nazariyasida deformatsiyada oqish tezligining ta'sirini hisobga olgan holda turg'un bo'lmagan yoki portlash to'lqinlarini yer osti inshootlarga ta'siri plastiklik nazariyasining murakkab masalaridan biri bo'lganligi uchun mexanikani kam o'rganilgan sohasi hisoblanadi.

Ushbu sohada dinamik muammolarni hal qilishda ko'plab soddalashtirilgan modellar yordamida masalalar yechishga harakat qilingan [1-3].

Keyinchalik bu bir o'lchovli nazariya ikki o'lchovli to'lqin tarqalishi masalasini qo'llanilishiga harakat qilingan [4,5].

Bu ishlarda deformatsiya nazariyasi proporsional yuklanishda [6] oqish nazariyasiga mos keladi.

Plastiklikning deformatsion nazariyalarining kamchiliklari shundan iboratki, ular materialning holati deformatsiya bog'liq emas, kuchlanish va deformatsiya o'rtasida mutunosiblik bor deb faraz qilinadi [7-11]. Bu sohadagi fazoviy masalalarni yechishda tadqiqotchlar tomonidan juda kam ishlar qilingan.

Bu muammolarni hal qilish asosan matematik masalalarni yechish bilan bog'liq bo'ladi. Bunday muammolar amaliyotga joriy qilish katta qiziqish uyg'otganligi sababli, yechim uchun plastiklik nazariyasining soddaroq kriteriyalaridan foydalanish mumkinligi biz ko'radigan ishda tavsiya etilgan.

Masalani qo'yilishi va yechish metodikasi. Ishda ko'riladigan masalani hisob sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Deformatsiyalanuvchi muhitda silindrik jisim va unga silindr o'qiga paralel holatda portlash to'lqini tekis front bilan tushadi.

Shuningdek 1-rasmda ko'rsatilganidek tushayotgan va qaytayotgan to'lqinlar hosil bo'ladi va ularni ham inshootga ta'siri bo'ladi.

Silindrik jisimni o'rab turuvchi muhitning harakat differentsial tenglamasi quyidagicha bo'ladi [8]:

$$\sigma_{ij,j} = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}, \quad (1)$$

deformatsiyalar va ko'chishlar orasidagi munosabatlar:

$$\varepsilon_{ij}^{(2)} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i^{(2)}}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j^{(2)}}{\partial x_i} \right)$$

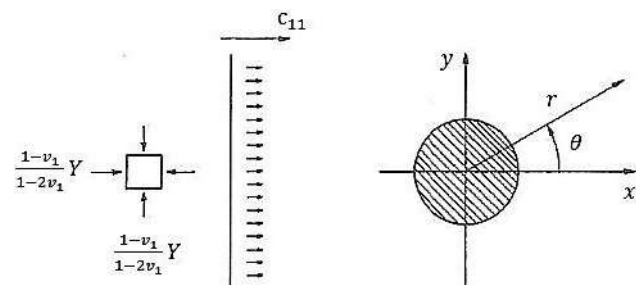
plastik bosqich uchun ko'chishlardagi harakat tenglamalarini quyidagicha olamiz [9]

$$(\lambda_2 + \mu_2) u_{jji}^{(2)} + \mu_2 u_{jji}^{(2)} + \sigma_{ijj}^{(10)} = \rho \frac{\partial^2 u_i^{(2)}}{\partial t^2} \quad (2)$$

bu yerda $u_i^{(2)}$ – plastik bosqichidagi ko'chishlar;

ρ – materialning zichligi.

$$c_{11}^2 = \frac{\lambda_1 + 2\mu_1}{\rho} = \frac{E_1(1-\nu_1)}{\rho(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}$$



1-rasm. Masalaning hisob sxemasi

va

$$c_{21}^2 = \frac{\mu_1}{\rho} = \frac{E_1}{2\rho(1+\nu_1)} \quad (3)$$

Bu bog'lanish buzilgan hollarda tenglamalar oddiy to'liq tenglamalariga keltiriladi.

Bu tenglamalar chiziqli bo'lganligi sababli, dinamik masalalarning keng sinfini yechishga yordam beradi.

Qo'yilgan masalani yechish uchun Grin Lemb almashtirishlari orqali yechiladi.

Tushayotgan to'liqining harakatini tavsiflovchi tenglama quydagi ko'rinishiga ega:

$$c_{11}^2 \nabla \varphi^{(1)} = \rho \frac{\partial^2 \varphi^{(1)}}{\partial t^2} \quad (4)$$

bu yerda $\varphi^{(1)}$ – ko'chish potentsiali va u quydagicha munosabatlarni qanoatlantiradi $u_x^{(1)} = \partial \varphi^{(1)} / u_x^{(1)} = \partial \varphi^{(1)} / \partial t^2$ (4) tenglamaga muvofiq, tushayotgan to'liq quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\varphi^{(1)} = \frac{P}{2\rho} \left(t - \frac{x+a}{c_{11}} \right) H \left(t - \frac{x+a}{c_{11}} \right) \quad (5)$$

a – qattiq jism radiusi; H – Xevisayd funktsiyasi.

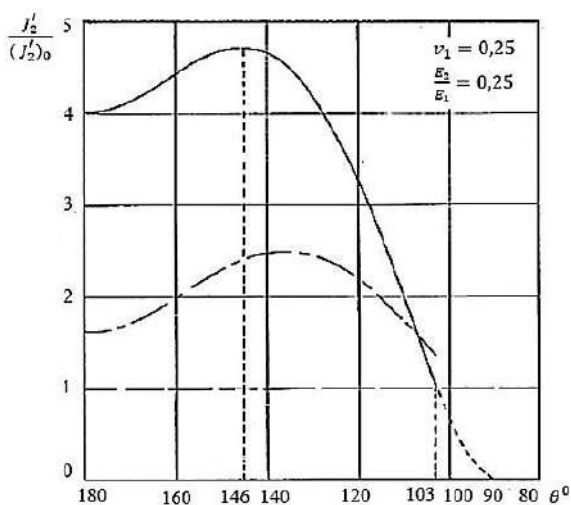
Koordinatalar silindri markaziga joylashtiriladi va vaqt to'liq silindrga urilish paytdan boshlab hisoblanadi. Qutb koordinatalarda ($r \cos \theta$) nuqtadagi tushayotgan to'liqindan hosil bo'ladigan kuchlanishlar quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} \sigma_r^1 &= P \left(\cos^2 \theta + \frac{\nu_1}{1-\nu_1} \sin^2 \theta \right) H \left(t - \frac{a+r \cos \theta}{c_{11}} \right), \\ \sigma_\theta^1 &= P \left(\sin^2 \theta + \frac{\nu_1}{1-\nu_1} \cos^2 \theta \right) H \left(t - \frac{a+r \cos \theta}{c_{11}} \right), \\ \tau_{r\theta}^1 &= -\frac{1-2\nu_1}{1-\nu_1} P \sin \theta \cos \theta H \left(t - \frac{a+r \cos \theta}{c_{11}} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Tushuvchi to'liqin va inshootni o'zaro ta'siri chegarasidagi kuchlanishlar (2) tenglamalar bilan aniqlanadi.

Qaytgan to'liqlarning ko'chish potentsiali (4) tenglamalari quyidagicha bo'ladi.

$$c_{11}^2 \nabla^2 \varphi^{(2)} = \frac{\partial^2 \varphi^{(2)}}{\partial t^2}, \quad c_{22}^2 \nabla^2 \psi^{(2)} = \frac{\partial^2 \psi^{(2)}}{\partial t^2} \quad (7)$$



2-rasm. Silindr sirtida chiziqli va ikki chiziqli nazariyalar bo'yicha to'liq bilan o'zaro ta'sirining J_2' qiymatlari: _____ chiziqli nazariya; - - - - - ikki chiziqli nazariya

U holda qaytgan to'liqlar uchun qo'yidagi yechimlarni olamiz:

$$\begin{aligned} \varphi^2 &= \frac{P}{2\rho} D_{pp} R_{pp} \left[t - \frac{R_p}{c_{12}} - \frac{a(1-\cos \eta_p)}{c_{11}} \right]^2 H \left[t - \frac{R_p}{c_{12}} - \frac{a(1-\cos \eta_p)}{c_{11}} \right] \\ \psi^{(2)} &= \frac{P}{2\rho} D_{ps} R_{ps} \left[t - \frac{R_p}{c_{22}} - \frac{a(1-\cos \eta_s)}{c_{11}} \right]^2 H \left[t - \frac{R_p}{c_{22}} - \frac{a(1-\cos \eta_s)}{c_{11}} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

bu yerda R_{pp}, R_{ps} – qaytish koeffitsienti;

$$\begin{aligned} D_{pp} &= \left(\frac{f}{f+R_p} \right)^{1/2} \\ D_{ps} &= \left(\frac{q}{q+R_s} \right)^{1/2} \end{aligned} \quad \text{– silindrik divergen koeffitsentlari;}$$

f, q – silindrga qaytgan P va S to'liqlarning old front egrilik radiuslari; R_{pp}, R_{ps} qaytgan P va S – nurlar bo'ylab kuzatish nuqtasigacha bo'lgan masofalar;

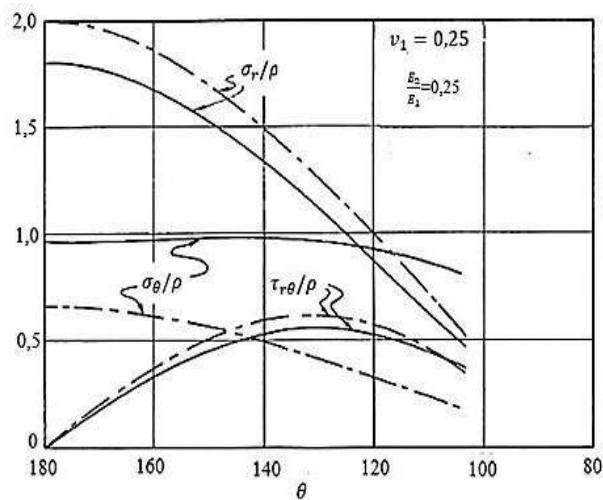
η_p, η_s – mos keladigan tushish burchaklari.

Ko'rib chiqilayotgan holatda R_{pp}, R_{ps} koeffitsentlari quyidagi formulalar bilan topiladi:

$$\begin{aligned} R_{pp} &= \frac{\cos \eta_p \left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_p \right\}^{1/2} - \sin^2 \eta_p}{\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_p \right\}^{1/2} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_p \right\}^{1/2} + \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \eta_p} \\ R_{ps} &= \frac{-(c_{22}/c_{11}) \sin \eta_p \left[\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_s \right\}^{1/2} \right] + \cos \eta_s}{\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_s \right\}^{1/2} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_s \right\}^{1/2} + \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \eta_p} \end{aligned} \quad (9)$$

(8) tenglamaning $\varphi^{(2)}$ va $\psi^{(2)}$ to'liqin potentsiyalaridan olingan qaytish paytida paydo bo'ladigan kuchlanishlar quyidagicha topiladi:

$$\begin{aligned} \sigma_r^{(2)} &= \frac{\lambda_2 + 2\mu_2 \cos^2 \xi_p}{c_{12}^2} \frac{P}{\rho} D_{pp} R_{pp} H \left[t - \frac{R_p}{c_{12}} - \frac{a(1-\cos \eta_p)}{c_{11}} \right] - \\ &- 2\mu_2 \frac{\sin \xi_s \cos \xi_s}{c_{22}^2} \frac{P}{\rho} D_{ps} R_{ps} H \times \left[t - \frac{R_s}{c_{22}} - \frac{a(1-\cos \eta_s)}{c_{11}} \right] \end{aligned}$$



3-rasm. Chiziqli va ikki chiziqli nazariyalar bo'yicha to'liqin bilan o'zaro ta'sir qilishda silindr sirtida hosil bo'ladigan kuchlanishlarning qisqarishi: _____ chiziqli nazariya; - - - - - ikki chiziqli nazariya

$$\sigma_{\theta}^{(2)} = \frac{\lambda_2 + 2\mu_2 \sin^2 \xi_{\rho}}{c_{12}^2} \frac{P}{\rho} D_{\rho\rho} R_{\rho\rho} H \left[t - \frac{R_{\rho}}{c_{12}} - \frac{a(1 - \cos \eta_{\rho})}{c_{11}} \right] - 2 \left[\left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 \cos^2 \theta \right] + \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 H \left(1 - \frac{a(1 + \cos \theta)}{c_{11}} \right) \quad (13)$$

$$- 2\mu_2 \frac{\sin \xi_s \cos \xi_s}{c_{22}^2} \frac{P}{\rho} D_{\rho s} R_{\rho s} H \left[t - \frac{R_{\rho}}{c_{22}} - \frac{a(1 - \cos \eta_{\rho})}{c_{11}} \right] \quad (10)$$

$$\tau_{r\theta}^{(2)} = \frac{\lambda_2 + 2\mu_2 \sin \xi_{\rho} \cos \xi_{\rho}}{c_{12}^2} \frac{P}{\rho} D_{\rho\rho} R_{\rho\rho} H \left[t - \frac{R_{\rho}}{c_{12}} - \frac{a(1 - \cos \eta_{\rho})}{c_{11}} \right] - \tau_{r\theta} = -P \frac{\left[\frac{c_{22}}{c_{11}} \sin \theta \left[\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{\frac{1}{2}} - \cos \theta \right] \right]}{\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{\frac{1}{2}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{\frac{1}{2}} + \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \theta} - 2 \left[\left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 \right] \sin \theta \cos \theta H \left(1 - \frac{a(1 + \cos \theta)}{c_{11}} \right)$$

bu yerda ξ_{ρ} va ξ_s lar, (R_{ρ}, r) , va (R_s, r) , ning burchaklari. Quyidagi differensial munosabatlardan foydalanilgan, ular 2-rasm asosida olingan va xuddi shunday S to'liqin fronti uchun rasimga o'xshash, ya'ni.

$$\frac{\partial R_{\rho}}{\partial r} + a \sin \lambda_{\rho} \frac{\partial R_{\rho}}{\partial r} = \cos \xi_{\rho}, \quad \frac{1}{r} \left[\frac{\partial R_{\rho}}{\partial r} + a \sin \lambda_{\rho} \frac{\partial R_{\rho}}{\partial r} \right] = -\sin \xi_{\rho},$$

$$\left[\frac{\partial R_s}{\partial r} + a \sin \lambda_s \frac{\partial R_s}{\partial r} \right] = \cos \xi_s, \quad \frac{1}{r} \left[\frac{\partial R_s}{\partial r} + a \sin \lambda_s \frac{\partial R_s}{\partial r} \right] = -\sin \xi_s, \quad (11)$$

$$\eta_{\rho} = \eta_s = \pi - \theta,$$

bu yerda λ_{ρ} – tushish burchagi uchun P – aks ettirish burchagi η_{ρ} – tushish burchagi λ_s uchun S – aks ettirish (qaytish) burchagi. Chegaradagi kuchlanishlar $a=r$ bo'lganda olingan (10) tenglama, tushayotgan to'liqinning $a=r$ uchun mavjud kuchlanishlariga (11) tushayotgan to'liqinning kuchlanishlarini qo'shish orqali olinadi.

$$\xi_{\rho} = \lambda_{\rho}, \quad \xi_s = \lambda_s, \quad R_{\rho} = R_s = 0, \quad D_{\rho\rho} = D_{\rho s} = 1 \quad (12)$$

(10), (11) va (12) tenglamalardan chegaradagi kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi;

$$R_{\rho\rho} = \frac{\cos \eta_{\rho} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_{\rho} \right\}^{1/2} - \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \eta_{\rho}}{\frac{c_{11}}{c_{22}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_{\rho} \right\}^{1/2} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \eta_{\rho} \right\}^{1/2} + \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \eta_{\rho}} + \left[\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\} - \cos \theta \right]}$$

$$\sigma_r = P \frac{\frac{c_{11}}{c_{22}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2} + \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \theta}{\left[\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\} - \cos \theta \right]} + 2 \left[\left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 \right] \sin^2 \theta \cdot H \left(t - \frac{a(1 + \cos \theta)}{c_{11}} \right)$$

$$\sigma_{\theta} = P \left[1 - 2 \left(\frac{c_{22}}{c_{12}} \right)^2 \right] \cdot \frac{\left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2} \left[\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\} - \cos \theta \right]}{\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{22}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2} \left[\frac{c_{11}}{c_{12}} \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\} - \cos \theta \right] + \frac{c_{22}}{c_{11}} \sin^2 \theta}$$

$c_{12} = c_{11}$ va $c_{22} = c_{21}$ uchun mos elastik masala chegaradagi kuchlanishlar quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_r = 2P \frac{\cos \theta \left\{ 1 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2}}{\cos \theta \left\{ 1 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2} - \frac{c_{21}}{c_{11}} \sin^2 \theta} H \left(t - \frac{a(1 + \cos \theta)}{c_{11}} \right)$$

$$\sigma_{\theta} = \left\{ 1 - \left(\frac{c_{12}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\} \sigma_r,$$

$$\tau_{r\theta} = 2P \frac{\frac{c_{21}}{c_{11}} \sin \theta \cos \theta}{\cos \theta \left\{ 1 - \left(\frac{c_{21}}{c_{11}} \right)^2 \sin^2 \theta \right\}^{1/2} - \frac{c_{21}}{c_{11}} \cos \theta} H \left(t - \frac{a(1 + \cos \theta)}{c_{11}} \right)$$

O'zaro ta'siridagi oquvchanlik chegarasini chegarada erishilganligini ko'rsatish uchun (14) ifodalardan foydalanish mumkin.

Plastiklik Mizes shartiga ko'ra $J_2' / (J_2)_0 \geq 1$.

Bu erda invariant deviator kuchlanish J_2' sifatida aniqlanadi.

$$J_2' = \frac{1}{6} \left[(\sigma_r - \sigma_{\theta})^2 + (\sigma_{\theta} - \sigma_z)^2 + (\sigma_{\theta} - \sigma_r)^2 + 6\tau_{r\theta}^2 \right] \left(J_2' \right)_{0=Y^2/3}$$

Funksiyaning $J_2' / (J_2)_0$ dagi $\nu_1 = 0,25$ grafiki 2-rasmga ko'rsatilgan.

Taqqoslash maqsadida, bu yerda ham (12) tenglamalar yordamida olingan mos keladigan parametrlari $E_2 / E_1 = 0,25$ va $\nu_1 = 0,25$ bo'lgan plastik siqilmaydigan materialning holat grafiki keltirilgan.

Elastik holatdagi egri chiziq (14) mezoniga muvofiq yuklanish $1030^{\circ} \leq \theta \leq 180^{\circ}$ bo'lganda hududa aks etganda sodir bo'lishi ko'rsatilgan. Begilash qiziqi $\theta = 145^{\circ}$ bo'lganda kuchlanish tenzorining invarianti J_2' prime taxminan maksimumga erishadi.

Demak, biz shunday xulosaga kelimizki, agar tushayotgan elastik to'liqinning intensivligi asta-sekin noldan oshsa, plastiklik birinchi marta $\theta = 145^{\circ}$ bo'lganda paydo bo'ladi.

2-rasmdan ko'rinadiki $90^{\circ} \leq \theta \leq 103^{\circ}$ bo'lganda chegaraning bir qismi elastik bo'lib qoladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, silindrning bu qismi to'liqin tushadigan zona va soya zonasi o'rtasidagi chegara yaqinida joylashgan.

Elastik holat uchun biz qismdagi to'liqin sohasini o'rganish usuli topilmadi, shuning uchun biz qo'llagan tahlil u yerda mos kelmaydi va materialning $\theta = 90^{\circ}$ ga yaqin holati to'g'risida qat'iy xulosa chiqarish mumkin emas.

Elastik holatda o'zaro ta'sir qilishda va plastik holatda siqilmaydigan materialda silindrdra paydo bo'ladigan kuchlanish uzilishlari uchun egri chiziqlar 2 va 3-rasmlarda ko'rsatilgan.

Hisoblash natijalari maksimal radial kuchlanishning 10% ga kamayganligini, elastik holatda mos keladigan kuchlanishlarga nisbatan plastik holatdagi halqa kuchlanishlarining o'sishini ko'rsatadi.

Bibliografik ro'yxat:

1. May Dik Min. Seysmik faolligi yuqori bo'lgan joylarda yoriqlar zonalarini kesib o'tuvchi qoziqlarni hisoblash // transportlar uchun muhandislik inshootlar: Ishlar to'plami. 4 qism. – Moskva: MIIT, 2012. 88-92 betlar.
2. May Mente. Tekis garmonik to'lqin tarqalishida silindrsimon yoriqlar yuzasi yaqinidagi dinamik yuklanish va siljishlar. Amaliy mexanika, ing. tarjima, 1963, 30- t., 3 soni, 117-126 betlar.
3. Muborakov Ya. N. Qobiq tipidagi er osti inshootlarining seysmodinamikasi. – Toshkent.: «Fan». – 192 bet.
4. Murzaxanov G.X., Oleynikov S.S. Seysmik ta'sirida quvur o'tkazgichning qoldiq devorini baholash // Burenie i neft. – Moskva, 2008. – № 4. 19-22 betlar.
5. Nazarov Yu. P. Seysmik ta'sirlarning hisoblash modellari. – M.: Nauka, 2012. – 414 bet.
6. Petruhin M.A., Deev P.V., Stukanov A. A. Tektonik jihatdan faol hududda joylashgan kapital tog' – kon sanoati krepini hisoblash // Fundamentalnie i prikladnie voprosi gornix nauk, 2018. – № 1. 5-Tom. 126-134 betlar.
7. Rashidov T.R. va b. Metro tunnel inshootlarining seysmik qarshiligi. – M.: Transport, 1975. – 120 bet.
8. Seleznev V.E., Aleshin V.V., Klishin G.S. Gaz quvurlari tizimlarini raqamli modellashtirish usullari va texnologiyalari. M.: IZD-VO EDITORIAL URSS, 2002. – 448 bet.
9. Seleznev V.E., Aleshin V.V., Pryalov S.N. Magistral quvurlarni raqamli modellashtirish asoslari. – M.: IZD-VO KOMKNIGA, 2005. – 496 bet.
10. Strelchuk N.A., Slavin S.K., Shaposhnikov V.N. Portlovchi to'lqinlar ta'sirida tunnel qoplamalarining dinamik kuchlanish holatini o'rganish. – Izvestiya vuzov. Stroitelstvo i arxitektura. – № 9. – Moskva, 1971. 129-136 betlar.
11. Sultonov K.S. Yer osti inshootlarining zilzilaga chidamliligi to'lqin nazariyasi. – Toshkent: Fan, 2016. – 392 bet.

1M63

ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

URANNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIDA KREMNIY IONLARI TA'SIRINI TADQIQ QILISH



Rajabboyev I.M.,
NDKTU sirtqi bo'limi
dekan muovini, PhD



Eshonova G.A.,
«Navoiyuran» AJ
Zaforobod «Kon boshqarmasi»
muhandisi



Sharafutdinov U.Z.,
«NKMK» AJ Yangi texnologiyalarni joriy etish
innovatsion markazi boshlig'i o'rinbosari,
t.f.d., dotsent

Maqolada uranni sorbsiya jarayonida kremniy birikmalarini paydo bo'lishi va uni ekstraksiyalash jarayonlariga ta'siri hamda uni yo'qotish usullari keltirilgan.

Produktiv eritmalarda kremniy birikmalarining miqdori 0,1-0,5 g/l ni tashkil qiladi. Kremniy birikmalari kuchli asosli anion almashtirgichlarda (AMP) sorblanadi, uran bilan bir qatorda pH=1-3 da 1,5 g/l kremniy mavjud.

Uran bo'yicha to'yingan anionitlardagi kremniy birikmalarining tarkibi 17,5 kg/t ni tashkil qiladi, bu uran desorbsiyasi va tayyor mahsulot ishlab chiqarish jarayonida uran tarkibli cho'kmaning ajralishiga olib keladi. Ushbu cho'kmalarda 35-58% gacha uran, 5-6% fosfor va kremniy mavjud. Ushbu cho'kmalarda katta miqdordagi uran tayyor mahsulotlar sexiga uranni qaytarish bilan ularni qayta ishlash zarurligini keltirib chiqaradi.

Uranni ekstraksiyalash jarayonida organik fazaning mayda dispers globulalari yuzasida adsorbsiyalangan silikat kislotani α – ko'rinishidagi kondensatsiyali polimerlanishi natijasida hosil bo'lgan kremniy tarkibli birikmalar yetarlicha kuchli strukturaviy va mexanik to'siqni hosil qiladi, bu ekstragent tomchilarini ularning to'qnashuviga to'sqinlik qiladi va deyarli qatlamlarga ajratilmagan emulsiyalarning barqarorligini keltirib chiqaradi.

Tayanch iboralar: tazyiqlovchi, kremniy, uran, sorbsiya, ekstraksiya, polimerlanish jarayoni.

В данной статье рассмотрено образование соединений кремния в процессе сорбции урана и его влияние на процессы экстракции, а также способы его потери.

В продуктивных растворах содержание соединений кремния составляет 0,1-0,5 г/л. Соединения кремния сорбируются на сильноосновных анионитах (АМП) наряду с ураном содержат 1,5 г/л кремния при pH=1-3. Содержание соединений кремния на насыщенных по урану анионитах составляет 17,5 кг/т, что приводит к выпадению урансодержащих осадков при десорбции урана и получении готовой продукции. Данные осадки содержат до 35-58% урана, 5-6% фосфора и кремния. Большое количество урана в этих осадках вызывает необходимость их переработки с возвратом урана в готовую продукцию цеха.

Кремнийсодержащие структуры, получающиеся в результате конденсационной полимеризации α – формы кремневой кислоты, адсорбируясь на поверхности тонкодиспергированных глобул органической фазы, при экстракции урана, образуют достаточно прочный структурно-механический барьер, препятствующий каплям экстрагента при их соударениях, обуславливая устойчивость практически нерасплаиваемых эмульсий.

Ключевые слова: депрессант, кремний, уран, сорбция, экстракция, полимеризация.

Yer ostida tanlab eritish (YOTE) usuli an'anaviy usullar bilan qazib olish uchun yaroqsiz bo'lgan rudalardan uran olish uchun tobora ko'proq foydalanilmoqda. Mavjud texnologiyalar rudalardan uranni sulfat kilotali tanlab eritish va ionalmashuvchi qatronlarda texnologik eritmalardan ajratib olishni ko'zda tutadi. Undan foydalanish uranni eritmalardan tanlab ajratib olish va uning konsentrlashni ta'minlaydi. Bu holda eritmalarning asosiy xossalari o'zgarmaydi va siklga qaytadi. Tanlangan texnologiya eritmalarni keyingi qayta ishlash sharoitlari (qoldiq kislotalilik, umumiy tuzning miqdori va sorbsiyalash jarayonida tazyiqlovchilarni borligi) hisobga olinadi [1].

Texnologik eritmalarda uranning konsentratsiyasining kamligi anionitlar yordamida ularni sorbsiyali ajratib olish jarayonining o'ziga xos xususiyatlarini belgilaydi. Eritmaning pH miqdoriga bog'liqlikda trimetilamoniyli anionit bilan uranil trisulfat ionini sorbsiyalashning davomiyiligi inobatga olinadi.

Uranning sorbsiyalash jarayoni parametrlari – ajratib olish jarayonining yuqoriligi, anionitni sig'imi – qayta ishlamayotgan eritmaning tarkibi, anionitning xususiyatlariga, shuningdek sorbsiya jarayoniga tazyiq-

lovchilari sulfat, nitrat va xlorid ionlari, uch valentli temir ionlari, kremniy birikmalari va sulfat kislotasi kabi eritmalarning miqdoriga bog'liq [2].

Uran minerallanish tarkibiga ko'ra turli xil minerallarni o'zlashtirishda ishtirok etadigan konlar sonining kengayishi uran bilan birga YOTE ning samarali eritmalarida boshqa elementlarning, shu jumladan Beshqoq, Lyavli konlarini qayta ishlash amaliyotida, Shimoliy va Janubiy Bukinay konlari alohida bloklarida keraksiz elementlarning paydo bo'lishiga olib keladi.

Masalan, Beshqoq konida mahsulotli eritmalardagi kremniy birikmalarining tarkibi 0,1-0,5 g/l ni tashkil qiladi. pH=1-3 da 1,5 g/l kremniy bo'lgan kremniy birikmalari uran bilan birga kuchli asosli anionitlarga (AMP) sorbsiyalanadi. Uran bo'yicha to'yingan anionitlardagi kremniy birikmalarining tarkibi 17,5 kg/t ni tashkil qiladi, bu uran desorbsiyasi va tayyor mahsulot ishlab chiqarish jarayonida uran tarkibli cho'kmaning ajralishiga olib keladi. Ushbu cho'kmalarda 35-58% gacha uran, 5-6% fosfor va kremniy mavjud. Ushbu cho'kmalarda kata miqdordagi uran tayyor mahsulotlar sexiga qaytarilish bilan ularni qayta ishlash zarurligini keltirib chiqaradi (1-rasm) [3].

1-jadval

Cho'kmaning kimyoviy tarkibi							
Komponentlarni tarkibi, %							
U	P	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	SO ₄	NO ₃	boshqa aralashmalarining ulushi
27,07	2,4	33,4	–	–	–	–	15,84
31,98	4,15	28,84	–	–	–	–	20,85
44,63	3,59	7,09	–	1,45	10,6	–	–
43,86	2,75	8,2	–	–	14,6	–	–
41,65	5,96	12,1	0,6	–	2,22	–	23,07
40,7	4,62	10,5	0,6	–	8,09	2,1	22,85

Kremniy birikmalarining uranning sorbsiya-desorbsiyasi jarayonlariga ta'sirini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar yuqorida keltirilgan oraliq hisobotlarda keltirilgan.

Beshqoq konlarini tanlab eritishda uran bilan birga 0,1-0,5 g/l kremniy mavjud. Uran va kremniy anionitlarining to'yinganligi bir vaqtning o'zida pH=1-3 da sodir bo'lishi ishlarda aniqlangan.

Ishlab chiqarish sharoitida uranil va ammoniy suvli fosfatlarining cho'kmalari tayyor mahsulotlarni saqlash sig'irlarida to'planadi [3]. Jelatin bilan tayyor mahsulotni qayta ishlash jarayonida hosil bo'lgan kremniy tarkibli cho'kmalar bir xil sig'irlarga kiradi. Shunday qilib, tayyor mahsulotni saqlash uchun sig'irlarda uran fosfat va kremniy tarkibli cho'kmalar aralashmasi hosil bo'ladi. Ushbu cho'kma aralashmasining tahlili 1-jadvalda keltirilgan. Tayyor mahsulotni saqlash sig'irlarida hosil bo'lgan cho'kmaning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

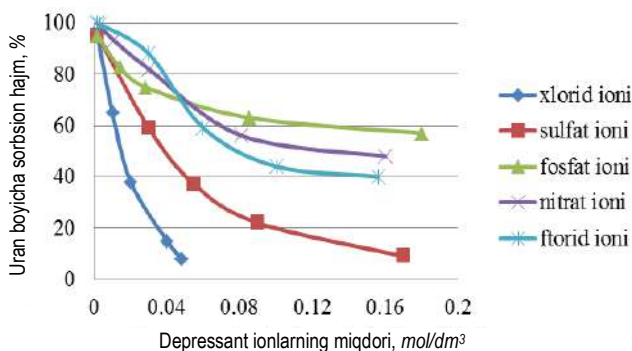
Ushbu cho'kmalarda uranning katta miqdori ularni qayta ishlashda tayyor mahsulotlariga qaytarish zarurligini keltirib chiqaradi.

Uranni sulfat kislota bilan yer ostida tanlab eritish natijasida (aluminosilikatlar, gidroslyudalar, kvarts va boshqalar) uran bilan birga kremniyning eritmaga o'tishi kuzatiladi. Bunday holda, past polimerli silikat kislotalar (α -forma) hosil bo'ladi, pH = 1-3 oralig'ida eng barqaror bo'lib silikat kislotalarning eng oddiy α -formasi hosil bo'ladi, ehtimol polimer qatorining faqat dastlabki ikki a'zosi unga tegishli:

Molibden kislotalari bilan rangli kremniy-molibden kompleksini hosil qiluvchi oksidli kremniyli kislotalar.

Rudani tanlab eritishdan keyin eritmalaridan sorbsiyalangan, kremniy kislotasining past polimer shakllari uran texnologiyasida ishlatiladigan anionlar va to'rtlamchi ammoniy anionalmashuvchi qatronlar guruhlari bilan past barqarorlikdagi komplekslarni hosil qiladi.

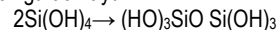
Ishda sorbsiya jarayonida kremniyning to'planishi boshqa mexanizm bilan ham sodir bo'lishi mumkinligi ko'rsatilgan – kremniy kislotasining past shakllari ionit donasi yuzasida adsorbsiyalanadi, teshiklarga kirib, polimerlanadi. Bundan tashqari, bu mexanizmning amalga oshirilishi ionitlarda kremniy to'planishiga katta hissa qo'shishini ko'rsatadi. Kremniy bilan zararlanish darajasi 24 mg/g ga yetishi mumkin, bunda uranni hajmi esa 2 marta kamayadi.



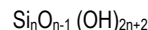
1-rasm. Polimerli silikat kislotalarni hosil bo'lishining pH ga bog'liqligi

Ionit fazasida tavsiflangan kremniy kislotalari teshiklarda yetarlicha mustahkam saqlanadi, ammo desorbsiya paytida uran bilan birga qisman yuviladi. Poliuranatlar nitrat kislota regeneratlaridan cho'ktilganda, kremniy kislotalarning polimerlanish darajasi keskin oshadi, pH=4 da uning deyarli bir zumda polimerlanishi va cho'kishi sodir bo'ladi va keyinchalik poliuranatlarning sulfat kislotalarda erishi bilan kremniy kislotalari yana eritmaga o'tadi.

Mineral kislotalarning eritmalarida kremniy kislotalari kondensatsiya polimerlanishi jarayoniga uchraydi:



Monomerik molekularlar hosil qilgan shakllarning eng samarali o'zaro ta'siri natijasida umumiy formuladagi polimer hosil bo'ladi:



pH 1-3 oralig'ida kremniy kislotalari eritmasining hosil bo'lishiga eng mustahkam, maksimal polimerlanish darajasi taxminan pH = 4 da kuzatiladi.

Uranni ekstraksiyalash jarayonida organik fazaning mayda dispers globulalari yuzasida adsorbsiyalangan silikat kislotalari α – ko'rinishidagi kondensatsiyali polimerlanishi natijasida hosil bo'lgan kremniy tarkibli birikmalar yetarlicha kuchli strukturaviy va mexanik to'siqni hosil qiladi, bu ekstragent tomchilarini ularning to'qnashuviga to'siq qiladi va deyarli qatlamlarga ajratilmagan emulsiyalarning barqarorligini keltirib chiqaradi. Bundan tashqari, suvli eritmaning kislotaliligi va ekstraksiya jarayonining haroratining oshishi «suvdagi yog'» tipidagi emulsiyalarni kremniy kislotalari bilan barqarorlashtirish ta'sirini sezilarli darajada oshiradi. Bu, ehtimol, polimer kremniy zararlari yuzasining elektrokinetik potensialining ionlari konsentratsiyasining oshishi bilan pasayishi va ularning termal suvsizlanishi bilan bog'liq bo'lib, bu organik tomchilar yuzasida kremniyning kuchli gelga o'xshash koagulyatsion tuzilmalarining hosil bo'lishiga olib keladi.

Shunday qilib, korxonalarining mahsulotli eritmalaridan uranni ekstraksiyalashda kuchli emulsiyalanishi birinchi navbatda kremniy kislotalarning polimer shakllariga bog'liq.

Polimerlanish jarayoni juda sekin boradi, polimerlanmagan kremniy kislotalarining barqarorligi eritmaning tuz ko'rinishi, uning pH qiymati, harorati va boshqa omillar bilan belgilanadi, shuning uchun tovar eritmalarining bir qismi emulsiyalanmaydi. Aslida, agar poliuranatlarning erishi natijasida hosil bo'lgan eritma darhol ekstraksiyaga tushirilsa, barqaror emulsiyalar hosil bo'lishini oldini olish mumkin, chunki kremniy kislotalari monomer ko'rinishda bo'ladi.

Uran tarkibli tovar eritmalariga nisbatan kremniy kislotalari monomerlarining maksimal barqarorligi pH 1,5-2,0 da sodir bo'ladi. Kremniy kislotalarning polimerlanish darajasi uning konsentratsiyasi kvadratiga mutanosib bo'lgani uchun vaqtning kvadrat ildizi hal qiluvchi bo'lishi mumkin.

Haqiqatdan ham, texnologiyaning o'ziga xos xususiyatlariga asoslanib, tovar eritmalarini affinal qayta ishlashdan oldin bir necha kun davomida sig'irlarida, keyin esa transport vositalarida saqlanadi. Bu, albatta, kremniy kislotalarning asta-sekin polimerlanishiga olib keladi [4].

Eritmalarni isitish, filtrlash va ularni sentrifugalash ham ijobiy natija bermadi. Emulsiyalarni yo'q qilishning fizik-mexanik va fizik-kimyoviy usullari sanoat amaliyoti uchun mos emas.

Nitrat kislotalari uran tarkibli eritmalaridan erigan kremniy to'qotish usuli ma'lum. Usulning mohiyati kremniy kislotalarining polimerlanishi va uning cho'kmaga tushishi uchun qulay sharoit yaratishdir.

Uran tarkibli nitrat kislota eritmasi nitrat kislota bilan 12-23 g/l konsentratsiyasigacha oshiriladi, 60-70°C gacha isitiladi va shu haroratda 15-20 soat davomida saqlanadi, so'ngra eritma sovutiladi, cho'kma filtrlanadi va filtrat uranni ekstraksiyalashga yuboriladi.

Usul juda ishonchli, ammo bu aniq kamchiliklardan xoli emas:

- yuqori energiya xarajatlari;
- ish joyini azot oksidi bilan gazlashishi;
- texnologik vaqtning yuqori xarajatlari va dastgohni noqulayligi;
- kislota eritmasi tozalangan bo'lish kerak va hokazo.

Ishda kremniy kislotani fazalar interfeysidan siqib chiqarishga qodir bo'lgan kimyoviy emulsiyasizlantiruvchilardan foydalanish va shu bilan u tomonidan hosil bo'lgan strukturaviy va mexanik to'siqni yo'qotish imkoniyati to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan, bu allaqachon aytib o'tilganidek, aralashmaydigan suyuqliklarning delaminatsiyasini yakunlash uchun tarqoq «zirhli» polimerlangan kremniy kislota fazasining birlashishiga to'sqinlik qiladi. Shu maqsadda sinovdan o'tgan aromatik uglevodorodlar, yuqori molekular og'irlikdagi spirtlar, eferlar va oksietilli birikmalar emulsiyalanishini oldini olish muammosini hal qilmaydi. Ushbu moddalarga sirka kislotasi va etil spirtini qo'shilishi ham samarasiz.

Xuddi shu ishda biz eritmalarning flokulyantlar-kremniy organik birikmalar yordamida muvaffaqiyatli kremniyisizlanishi amalga oshirish mumkinligini ko'rsatdik. Organokremniyning eng samarali moddalari suvda eriydigan natriy metilsilikat, natriy etilsilikat va natriy aluminometilsilikat hisoblanadi.

Shunday qilib, masalan, 5 g/l silikat kislota tarkibli eritmalar bilan bog'lanish (30 daqiqqa) (70°C haroratda), 34 g/l miqdorida qo'shiladi, silikat kislotani qoldiq konsentratsiyasi 0,1 g/l dan kam qolguncha cho'kmaga tushirib yo'qolishiga imkon beradi, stabilashtiruvchi past

polimer shaklli silikat kislotalar esa eritmada qoladi hosil. Shunga o'xshash natijalar foydalanishda olingan.

Natriy alkilsilyini flokulyatsion ta'sir mexanizmi kislotali muhitda, xususan metilsilantrionda (metil kremniy kislotasi) beqaror alkilsilil monomerlarning hosil bo'lishi bilan bog'liq deb taxmin qilinadi.

Shunday qilib, kremniy organik birikmalari, xususan natriy alkilsilikonatlar kislotali eritmalarni yetarlicha yuqori kremniyisizlantirish va suyuqlik ekstraksiya jarayonida barqaror emulsiyalar hosil bo'lishining oldini olish uchun ishlatilishi mumkin. Kremniy kislotasi qalampiridan suvli eritmalarni kremniy organik birikmalari yordamida suyuq ekstraksiyalash yo'li bilan tozalash hozirgi vaqtda eng samarali hisoblanadi. Shu sababli biz suyuq ekstraksiyalash jarayonida emulsiyalashni oldini olish usullarini ishlab chiqdik, asosan bu kamchiliklardan xoli.

Emulsiyasizlantirib tozalashning ushbu yangi, iqtisodiy va samarali fizik-kimyoviy usullari uran mahsulotlarining tannarxini minimal xarajat bilan kamaytirish, uning sifatini yaxshilash, ishlab chiqarish madaniyatini yaxshilash imkonini beradi va bizning fikrimizcha, uranni suyuq ekstraksiyalash sohasidagi ilmiy-texnik taraqqiyotga muhim hissa qo'shadi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Doniev F.F., Ostonova F.I. Uranni yer ostida tanlab eritishda qo'llaniladigan qatronlarga past haroratni ta'sirini tadqiq qilish // O'zbekiston konchilik xabarnomasi. – Navoiy, 2021. – № 2. 108-110 betlar.
2. Sharipov Kh.T., Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Khujaev J.E. Analysis of productive solutions and uranium sorption on anionites // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, 2017. – № 1-2, pp. 111-113.
3. Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Qodirov A.O., Xalilova H.R. Texnologik eritmalaridan uranni sorbsiyali ajratib olishda xlor ionlarini ta'sirini tadqiq qilish // O'zbekiston konchilik xabarnomasi. – Navoiy, 2022. – №1. 64-67 betlar.
4. Rajabboev I.M., Sharafutdinov U.Z., Ostonov O.I., Numurotova Sh.O. Uranning sorbsiya va desorbsiyasi jarayonida xlorid ionlarining ta'sirini o'rganish. – Moskva, 2021. – № 3.64-67 betlar.

HT-425/3000

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТА УРАНА ПУТЁМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ



Аликулов Ш.Ш.,
проректор
по международному сотрудничеству
НГГТУ, д.т.н., доцент



Заиров Ш.Ш.,
профессор
кафедры «Горное дело» НГГТУ,
д.т.н.



Ибрагимов Р.Р.,
соискатель НГГТУ

«Navoiyuran» DUKning uran konlarining past o'tkazuvchanligi yer osti rudalarini burg'ulash chuqurligida yuvish jarayonini faollashtirish bo'yicha laboratoriya tajribalari va dala tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Tadqiqotlar o'zgaruvchan tokning ruda massasiga ta'siri, kislota eritmalarini magnit bilan ishlov berish va ultratovushli tebranishlardan foydalanish kabi fizik usullardan foydalangan holda ISL samaradorligini oshirishga qaratilgan. Laboratoriya tajribalari shuni ko'rsatdiki, ruda massasiga o'zgaruvchan tok qo'llanilganda nafaqat filtrlash koeffitsienti, balki metallni ajratib olish tezligi ham ortadi.

Tayanch iboralar: yer osti yuvish, past o'tkazuvchanlikdagi uran rudasi, elektr toki, elektroosmoz, elektroforez, elektromagnit maydon, filtratsiya bilan yuvish, tog' jinslarining o'tkazuvchanligi.

Представлены результаты лабораторных экспериментов и натурных исследований по интенсификации процесса подземного скважинного выщелачивания (ПВС) слабопроницаемых руд урановых месторождений ГП «Навоийуран». Исследования направлены на повышение эффективности ПСВ с применением таких физических методов, как воздействие переменного тока на рудную массу, магнитная обработка кислотных растворов и применение ультразвуковых колебаний. Лабораторные эксперименты показали, что при воздействии переменного тока на рудный массив возрастает не только коэффициент фильтрации, но и скорость извлечения металла.

Ключевые слова: подземное выщелачивание, слабопроницаемая урановая руда, электрический ток, электроосмос, электрофорез, электромагнитное поле, фильтрационное выщелачивание, проницаемость породы.

Анализ достоверно разведанных урановых запасов мира, по их вкладу в общее мировое производство, показывает [1-3], что ведущими геолого-промышленными типами, в настоящее время, являются месторождения типа «несогласия» (49%), брекчиевого комплекса (26%) и месторождений «песчаникового» типа (25%). Последние являются основной сырьевой базой добычи урана в Республике Узбекистан.

Интенсификация процесса подземного выщелачивания (ПВ) металлов воздействием на среду электрическим полем различной частоты является благоприятным фактором, при этом, установлено, что большая проникающая способность электрического тока через рудный массив позволяет увеличить фильтрационные свойства слабопроницаемых урановых руд.

При ПВ урана воздействием на рудный массив постоянным электрическим током рекомендуется пропускать его через электроды, помещенные в закачной скважине, т.к. выщелачивающий реагент и ионы растворенного урана, фильтруясь через пористое рудное тело, будут двигаться в направлении созданного поля от нагнетательной скважины к откачной.

Исследованиями [4-5] установлено, что создание на участке постоянного электрического тока приведет, помимо повышения температуры реагента, к возникновению явлений электроосмоса и электрофореза, способствующих увеличению скорости фильтрации

раствора и интенсивности растворения металла. Электрогидравлический эффект — новый промышленный способ преобразования электрической энергии в механическую, совершающийся без посредства промежуточных механических звеньев, с высоким КПД [5].

Сущность этого способа состоит в том, что при осуществлении внутри объема жидкости, находящейся в открытом или закрытом сосуде, специально сформированного импульсного электрического (искрового, кистевого и других форм) разряда вокруг зоны его образования возникают сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу и сопровождающиеся комплексом физических и химических явлений.

В основе электрогидравлического эффекта лежит ранее неизвестное явление резкого увеличения гидравлического и гидродинамического эффектов и амплитуды ударного действия при осуществлении импульсного электрического разряда в ионопроводящей жидкости при условии максимального укорочения длительности импульса, максимально крутом фронте импульса и форме импульса, близкой к аperiодической.

Электрогидравлический эффект был предложен, прежде всего, как способ трансформации электрической энергии в механическую. В связи с этим КПД этого преобразования является определяющим фактором при решении вопросов практического использования электрогидравлических способов и устройств. КПД (η) электро-

гидравлического эффекта зависит как от параметров электрической схемы, так и от свойств подвергающихся электрогидравлической обработке объектов, среды, в которой она происходит, и характера обработки.

Установлено качественное изложение факторов, оказывающих влияние на величину КПД электрогидравлического эффекта:

$$\eta = f\left(a, l, k_p, \frac{1}{\tau}, b\right), \quad (1)$$

где $a = f\left(C, U, \frac{1}{L}, \frac{1}{R}\right)$ – амплитуда тока импульса;

l – расстояние между электродами (длина искры);
 k_p – коэффициент, характеризующий резонансные свойства материала;

τ – длительность импульса;

b – крутизна фронта импульса;

C – электрическая ёмкость;

U – номинальное напряжение;

L – индуктивность разрядного контура;

R – сопротивление разрядного контура.

Доказано, что КПД возрастает с увеличением значений a и b , а также длины искры l и уменьшается с увеличением τ .

Уменьшение значений b и R разрядного контура, а также рост напряжения U в известных пределах ёмкости C способствуют увеличению механического КПД электрогидравлического эффекта, увеличению КПД также способствует увеличение плотности рабочей жидкости.

Однако, следует также иметь ввиду сложный характер зависимости электрических параметров друг от друга.

Так, при увеличении ёмкости контура линейно возрастает энергия импульса, амплитуда тока, удлиняется искра, но одновременно и увеличивается и длительность импульса.

Возрастание амплитуды тока и рост длины искры способствуют увеличению КПД, но их положительное влияние подавляется быстрым увеличением длительности импульса.

Проведённые геологические исследования рудников ПВ урана Кызылкумского региона показали [4, 6], что рудовмещающая порода сложена в основном битуминизированной глиной чёрного цвета с примесью обломочного минерала, плохо проницаемой для выщелачивающих растворов.

Исследованиями установлено, что управление проницаемостью призабойной части скважин наиболее перспективно при использовании переменного тока в импульсном режиме, основными параметрами которого являются критическая плотность электрического тока подземного выщелачивания урана. Данные предположения подтвердились при проведении лабораторных исследований, которые подтвердили, что коэффициент фильтрации увеличивается от 2 до 5 м/сут.

Установлено, что сущность физического эффекта увеличения проницаемости песчано-глинистых пород при пропускании переменного электрического тока заключается в отделении от глинистой фракции породы связанной воды, вследствие чего увеличивается эффективное сечение пор.

Кроме того, в отличие от постоянного тока, переменный ток воздействует и на воду, иммобилизованную гелями, коагулирующими поровое пространство.

Тиксотропную (гелеобразную) структуру образует при контакте с серной кислотой и глинистая фракция породы из-за растворения кристаллизационного цемента глин и их разупрочнения.

Гели даже при незначительном количестве твёрдого материала (1-10%) занимают большой объём, обусловленный сетчатой структурой, в ячейках которой содержится 90% и более иммобилизованной воды. Иммобилизованная вода отличается от воды в диффузи-

онном слое тем, что она не связана с катионами и не притянута поверхностными зарядами частиц.

Теоретическими исследованиями установлено, что увеличение концентрации глины существенно снижает проницаемость пород. Проницаемость пород, измеренная по кислому раствору, оказалась значительно ниже проницаемости, измеренной по дистиллированной воде.

Следует отметить, что проявления газовой коагуляции в опытах не наблюдались.

Для установления влияния воздействия переменного тока на движение растворов в песчано-глинистых породах предварительно определяли количество связанной (рыхлосвязанной и адсорбированной) воды и изменение коэффициента фильтрации в процессе фильтрации 1%-ного раствора серной кислоты.

Фильтрационные исследования выполняли на рудном песке с примесью глин (1,5 и 10%) монтмориллонитового и гидрослюдистого состава. Количество адсорбционной (гигроскопической) воды определяли по ГОСТ 51080-64.

Гигроскопическая влажность составила 2%. Количество рыхлосвязанной воды (максимальная молекулярная влажность) определяли методом высоких колонн.

Были выполнены два опыта: первый – на дистиллированной воде, второй – на продуктивных растворах с опытно-промышленного участка ПВ. Изменение влажности глинистого песка по длине колонны показано на рис. 1.

Результаты опытов показали, что при фильтрации выщелачивающего раствора по руде конкретного месторождения рыхлосвязанная вода, занимающая определённый поровый объём, создаёт гидравлическое сопротивление.

Доля связанной воды в объёме пор 1 см³ грунта при влажности 10% составила:

$$V = \frac{w \cdot \gamma_n}{100\% \gamma_w} = \frac{100\% \cdot 1,7}{100\% \cdot 1,0} = 0,17 \text{ см}^3 \quad (2)$$

где $w = 10\%$ – максимальная молекулярная влажность;

$\gamma_n = 1,7 \text{ г/см}^3$ – удельный вес сухого песка;

$\gamma_w = 1,0 \text{ г/см}^3$ – удельный вес воды.

Исследования по выщелачиванию в трубках под воздействием переменного электрического тока на песчано-глинистых рудах двух месторождений составили вторую серию опытов.

Для первого месторождения опыты проводили в трубках длиной 0,1 м с площадью поперечного сечения 4,1 см².

Для второго месторождения использовали трубки длиной 0,275 м с площадью поперечного сечения 13,8 см². В первом случае содер-

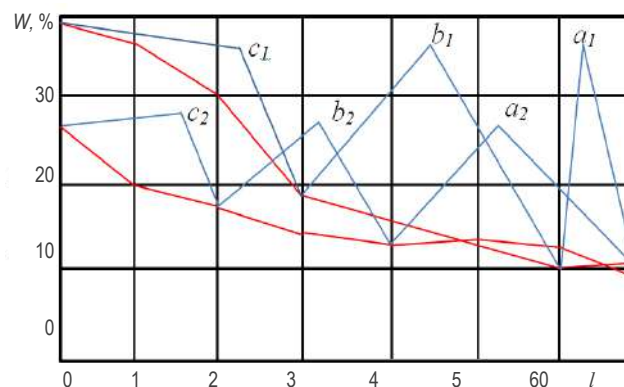


Рис. 1. Изменение влажности глинистого песка W по длине колонны l при опытах на геотехнологическом растворе (1) и дистиллированной воде (2)

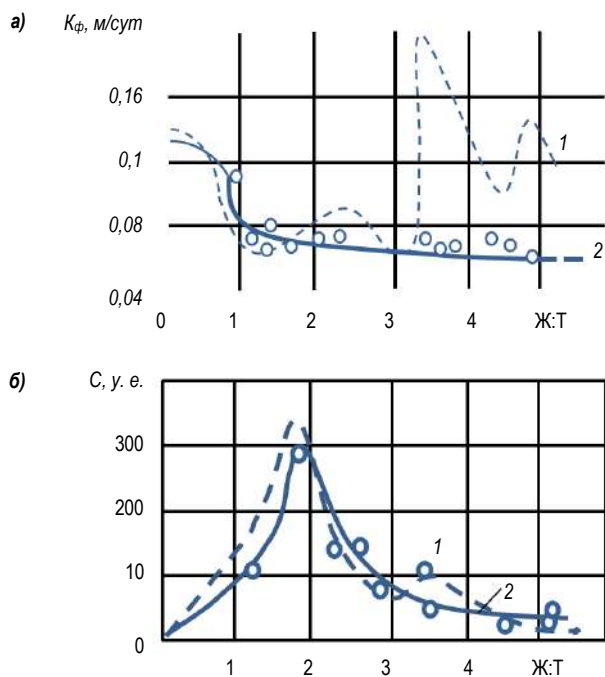


Рис. 2. Зависимость коэффициента фильтрации K_f (а) и концентрации металла в растворе C (б) от Ж:Т при периодическом воздействии электрическим током (1) и без воздействия (2)

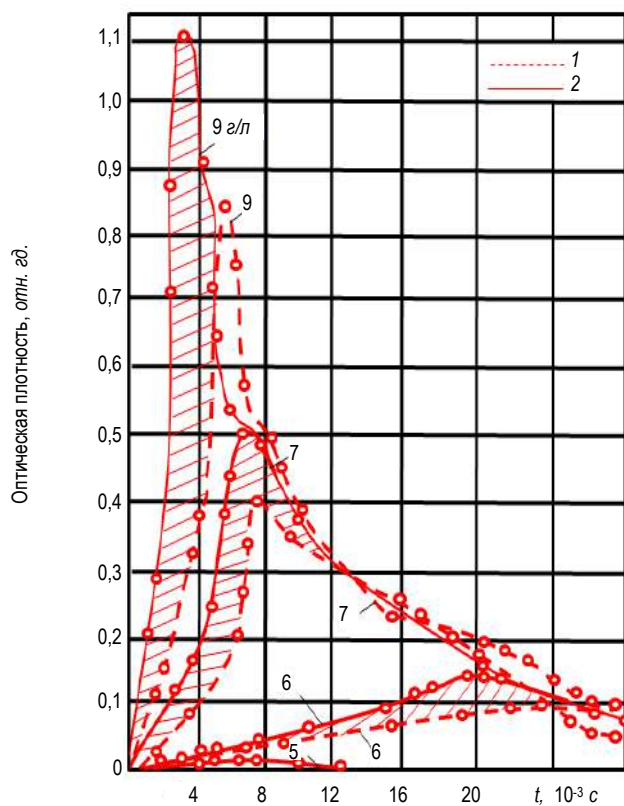


Рис. 3. Зависимость оптической плотности перенасыщенных гипсом омагниченного (1) и контрольного (2) кислотных растворов ($pH = 1$) от времени

жание глины и алеврита в руде составляло 21%, во втором – около 15%. На концах трубок устанавливали перфорированные электроды.

Фильтрационные опыты проводились в двух трубках параллельно: в одной – с приложением электрического тока, в другой – без. Воздействие переменным электрическим током на породу проводили периодически. Изменение коэффициента фильтрации и концентрации металла в растворе в зависимости от соотношения Ж:Т показано на рис. 2.

Проведены лабораторные и натурные эксперименты по изучению возможности использования токов высокой плотности для перестройки структуры порового пространства песчано-глинистых пластов.

Восприимчивость сернокислотного раствора к магнитной обработке была установлена следующим образом. В аппарате омагничивался 1%-ный раствор серной кислоты ($pH = 1$), в который добавляли определённое количество хлористого кальция с таким расчётом, чтобы теоретическое количество гипса, образовавшегося по реакции:



составляло 5, 6, 7, 8 и 9 г/л. Для каждой концентрации были построены зависимости оптической плотности растворов (рис. 3), измеренной с помощью электрофотокалориметра ФЭК-56М, от времени. Параллельно проводили контрольные опыты.

Проведённый эксперимент позволяет сделать вывод о восприимчивости кислотного раствора к магнитной обработке и её эффективности при осаждении насыщенных растворов гипса в кислой среде.

Результаты анализа, в частности, расчётные скорости роста осветлённой зоны в суспензиях, затворенных на омагниченном и неомагниченном технологических растворах (табл. 1), подтвердили значительность влияния фактора омагничивания на скорость роста осветлённой зоны.

В ходе лабораторных исследований установлено, что омагничивание кислотных растворов способствует выпадению из них гипса и механических взвесей, что может иметь практическое значение для очистки технологических растворов.

На рис. 4 приведены усредненные выходные кривые концентрации металла при фильтрационном выщелачивании омагниченным (1) и контрольным (2) растворами.

Таблица 1
Скорости роста осветленной зоны в суспензиях

Время от начала опыта, с	Размер осветленной зоны, $10^{-3}m$ (в мензурках)						Среднее по шести мензуркам, $10^{-3}m$	Среднеквадратичное отклонение, $\pm 10^{-3}m$
	1	2	3	4	5	6		
омагниченный раствор								
300	7	7	8	8	8	8	7,67	0,19
600	17,5	17	18	17	18	18	17,58	0,20
1200	38	38	37	40	42	38	38,83	0,68
1800	50	53	53	54	56	50	52,67	0,87
3600	57,5	61	62,5	63	64	57	60,83	1,10
7200	63,5	67,5	69	69,5	69	63	66,90	1,09
10800	66	70	71,5	72,5	72	65	69,50	1,31
неомагниченный раствор								
300	7,5	8	7	7	8	7,5	7,50	0,17
600	16	18	17	16	18	17	17,00	0,33
1200	36	40	36	33	39	38	37,00	0,94
1800	52,5	54	51	50	51,5	51	51,67	0,52
3600	61	62	59	58	59,5	58,5	59,67	0,57
7200	67,5	69	65,5	65	65	65	66,17	0,62
10800	70	71	68,5	68	68	68	68,92	0,50

Проведены экспериментально-лабораторные опыты по изучению влияния ультразвуковых колебаний (УЗК) с частотой 22 кГц на процесс фильтрационного выщелачивания в колонках длиной 0,1 м.

Основой для внедрения технологии воздействия переменным током послужили результаты лабораторных исследований и анализ горно-технической обстановки, сложившейся на объекте внедрения к началу работ.

Разработана методика исследований, предусматривающая подачу напряжения на электроды при одноэлектродной схеме ввода электроэнергии в пласт (по одному электроду на каждую скважину), чтобы обрабатывалась зона радиусом около 2 м (20 В); разнос электродов при двухэлектродной схеме ввода электроэнергии, чтобы обрабатывалась зона того же радиуса; ежесуточный отбор проб из откачной скважины для определения изменений химических и механических концентраций примесей при подключении тока; спуск термодатчиков в интервал фильтров опытных скважин для контроля температуры.

Ячейка для опытных работ по электрообработке пласта была выделена в торцевой части участка подземного выщелачивания (рис. 5). В неё вошли две закачные скважины (№№ 1 и 2) и откачная эрлифтная скважина № 3, расположенная между закачными скважинами.

Закачные скважины обсажены полиэтиленовыми трубами диаметром 110 мм, откачная – 210 мм. Фильтры нарезные с шириной щели 2 мм. Длина фильтров в скважинах №№ 1, 2 и 3, соответственно 6, 2 и 3 м.

Электроды длиной 1 м для ввода электроэнергии в пласт были нарезаны из нержавеющей труб диаметром 57 мм. Для соединения с кабелем к ним были приварены переходники – стержни диаметром 20 мм, длиной 250 мм с отверстием диаметром 8 мм под кабель. Оголенный конец кабеля ВПП-35 вставляли в отверстие и обжимали. Место контакта изолировалось проклеенной обмоткой и лентой ПВХ.

Работы были начаты с освоения схемы с одним электродом в каждой скважине. Подключение тока произведено после планового ремонта (очистки) скважины № 3, дебит которой после него увеличился с 0,35 до 0,7 м³/ч.

После включения электроэнергии дебит возрос до 0,85 м³/ч, или на 21%. Приёмистость закачных скважин оставалась после включения примерно на первоначальном уровне.

Впоследствии была подготовлена вторая схема ввода электроэнергии: по два электрода в закачных скважинах и один – в откачной. В этот же период производительность откачной скважины снизилась до 0,4 м³/ч.

После подключения электроэнергии производительность откачной скважины повысилась до 1,1 м³/ч и стабилизировалась на уровне 0,96 м³/ч, производительность закачной скважины № 1 увеличилась с 0,6 до 0,9 м³/ч и стабилизировалась на уровне 0,76 м³/ч. Прирост производительности откачки составил 140% по сравнению с дебитом перед включением электроэнергии и 37% по сравнению с дебитом после очистки скважины.

Прирост производительности закачной скважины составил 25%. Производительность низкодебитной (0,05 м³/ч) закачной скважины № 2 в период опыта заметно не изменялась. В результате включения тока резко возрастает содержание механических примесей в откачиваемом растворе и содержание ионов алюминия, трехвалентного железа, что свидетельствует о разрушении и выносе коль-

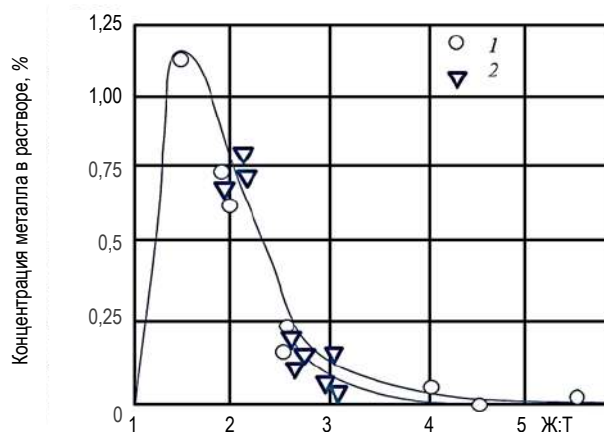


Рис. 4. Усредненные выходные кривые концентрации металла при фильтрационном выщелачивании омагниченным (1) и контрольным (2) растворами

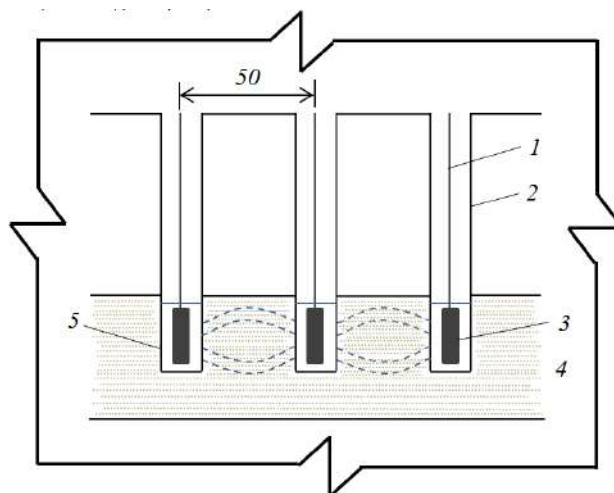


Рис. 5. Схема опытной ячейки с воздействием на пласт переменным током: 1 – электрокабель; 2 – скважина; 3 – электрод; 4 – рудоносный горизонт; 5 – фильтр

матанта из призабойной зоны. Измерения температуры в интервале фильтров при пропускании тока показали изменение её на 1-2°С, что свидетельствует о «нетепловом» действии электрического поля на породы.

В результате применения переменного тока на опытной ячейке установлено увеличение проницаемости пород и их раскольматация, что подтверждают результаты лабораторных исследований и гипотеза о раскольматации переменным током. Наиболее эффективно воздействие переменным током низкого напряжения проявляется в прифильтровой зоне откачных скважин по причине наличия там химической кольматации и выражается в выносе продуктов разложения механического и химического кольматанта из пласта.

Библиографический список:

1. Арнс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. – Москва: Изд. МГГУ, 2001. – 656 с.
2. Кропков В.В., Современное состояние и перспективы развития добычи урана // Горный журнал. – Москва, 1999. – № 12. – С. 35-39.
3. Малухин Н.Г., Маркелов С.В., Аликулов Ш.Ш. Обоснование рациональной области применения технологии подземного выщелачивания глинистых урановых руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: Изд. МГГУ, 2011. – № 10. – С. 220-224.

4. Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. – Москва: «Геоинформцентр», 2002. – 277 с.
5. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л.: «Машиностроение», Ленинград. отд-ние, 1986. – 253 с.
6. Аликулов Ш.Ш. Совершенствование гидродинамического режима подземного выщелачивания урана с учетом колюматации руд // Дисс. ... канд. техн. наук. – Москва: «РГГРУ-МГРИ», 2011. – 101 с.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 1 (92) pp. 84-88

LABORATORY AND INDUSTRIAL RESEARCH INCREASING THE PERMEABILITY OF THE URANIUM FORM BY IMPACT OF ELECTRIC CURRENT AT UNDERGROUND LEACHING

Alikulov Sh.Sh., head of the department, doctor of technical sciences.

Zairov Sh.Sh., Professor of the Mining Department, Doctor of Technical Sciences. E-mail: sher-z@mail.ru

Ibragimov R.R., applicant.

Navoi State University of Mining and Technologies. Navoi, Uzbekistan.

The results of laboratory experiments and field studies on the intensification of the process of underground borehole leaching (ISL) of low-permeability ores of uranium deposits of the Navoiuran State Enterprise are presented. Research is aimed at increasing the efficiency of ISL using such physical methods as the effect of alternating current on the ore mass, magnetic treatment of acid solutions and the use of ultrasonic vibrations. Laboratory experiments have shown that when an alternating current is applied to an ore mass, not only the filtration coefficient increases, but also the rate of metal extraction.

Keywords: underground leaching, low-permeability uranium ore, electric current, electroosmosis, electrophoresis, electromagnetic field, filtration leaching, rock permeability.

Bibliographic list:

1. Arens V.Zh. Physical and chemical geotechnology. – Moscow: «Moscow State Mining University», 2001. – 656 p.
2. Krotkov V.V. Current state and prospects for the development of uranium mining // Gornyy zhurnal. – Moscow, 1999. – No. 12, pp. 35-39.
3. Malukhin N.G., Markelov S.V., Alikulov Sh.Sh. Substantiation of the rational field of application of the technology of underground leaching of clayey uranium ores // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – Moscow: ed. MSGU, 2011. – No. 10, pp. 220-224.
4. Tolstov E.A., Tolstov D.E. Physical and chemical geotechnologies for the development of uranium and gold deposits in the Kyzylkum region. – Moscow: «Geoinformtsentr», 2002. – 277 p.
5. Yutkin L.A. Electrohydraulic effect and its application in industry. – L.: Mashinostroyeniye, Leningrad. department, 1986. – 253 p.
6. Alikulov Sh.Sh. Improvement of the hydrodynamic regime of underground uranium leaching taking into account ore colmatation // Diss. ... cand. tech. Sci. ences. – Moscow: «RGGRU-MGRI», 2011. – 101 p.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Вдохни жизнь в металл

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

КРАТКИЙ ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ПУЛЬПЫ В ОБОРОТНОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АО «НГМК»



Исмоилов Д.К.,
директор
ООО «O'zGEORANGMETLIT»



Гайбуллаев Х.К.,
начальник НИЛ ПГ
ООО «O'zGEORANGMETLIT»,
PhD



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



Содиков И.Ю.,
инженер по ПГР
ИЦ по ВНТ АО «НГМК»

«НКМК» AJning qayta ishlash korxonalarida chiqindilarida pulpaning suyuq fazasidan foydalanish tahlili o'tkazildi. Mavjud sharoitlarda chiqindilardan aylanma suv ta'minotining mumkin bo'lgan hajmi ko'rib chiqilgan. Aylanma suv ta'minoti hajmini oshirish yo'nalishlari qidirildi. GMZ-2 chiqindixonalarida misolida aylanma suv ta'minoti hajmini oshirish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Tayanch iboralar: suv olish, infiltratsiya, tuproq, to'g'on, pulpa suyuqlik fazasi, bug'lanish, suv o'tkazmaydigan elementlar, hovuz, hovuz zonasi, pulpa chiqishi, aylanma suv ta'minoti, filtrlash, chiqindixonona, chiqindilar.

Произведен анализ использования жидкой фазы пульпы на хвостохранилищах перерабатывающих предприятий АО «НГМК». Рассмотрен возможный объем оборотного водоснабжения воды из хвостохранилищ в существующих условиях. Произведен поиск направлений по увеличению объемов оборотного водоснабжения. Даны рекомендации по увеличению объемов оборотного водоснабжения на примере хвостохранилищ ГМЗ-2.

Ключевые слова: водозабор, впитывание, грунты, дамба, жидкая фаза пульпы, испарение, пляж, противофильтрационные элементы, прудок, прудковая зона, пульповыпуск, оборотное водоснабжение, фильтрация, хвостохранилище, хвосты.

АО «Навоийский ГМК» имеет 7 перерабатывающих предприятий, которые после выпуска основной продукции сбрасывают в хвостохранилища 88,9 млн. м³/г жидкой фазы пульпы. Проектные потери составляют 78,7 млн. м³/г или 89% от поступления.

В оборотном водоснабжении намечено использовать всего 10,2 м³/г или 11% поступивших объемов воды. В приведенных данных не учтены водные ресурсы ГМЗ-1 поскольку пульпа «золотой цепочки» используется для намыва комбинированного противофильтрационного и противорадиационного экрана. Проектная консистенция пульпы, количество поступающей жидкой фазы в хвостохрани-

лища, общие потери, количество и процент используемой для оборотного водоснабжения жидкой фазы пульпы по подразделениям перерабатывающих предприятий АО «НГМК» по состоянию на 2022 г. характеризуется данными табл. 1.

Приведенные данные свидетельствуют о низком использовании возвратных вод, несмотря на острый дефицит водных ресурсов в регионе. Основной причиной, по нашему мнению, является недостаточное внимание к этому вопросу, включая нормативную литературу. К примеру, ОСТ 95.10148-85 «Порядок проведения гидрологических наблюдений исследований водного баланса и заполнения хвостохранилищ», разработанный Ленинградским гидрологическим институтом (Ленинградский ГГИ) в 1985 г. предписывает исследования по определению осадков и испарения производить только в теплый период года, что приемлемо для гумидной зоны (зоны избыточного увлажнения), где поступление осадков превышает испарения предприятия АО «НГМК» и находятся в аридной зоне холодных пустынь (зоне недостаточного увлажнения, где количество осадков превышает испарение с водной поверхности более чем в 10 раз), ОСТ 95.10148-85 испарение с поверхности прудковой зоны (зона капиллярного поднятия прудковых вод на поверхность пляжа) не рассматривается. Объемы фильтрационных потерь предписывается определять на основе специальных исследований, которые при проектировании не предусматриваются из-за сжатых сроков. Объемы хвостов, уложенных на пляжи, предписывается производить 1 раз в год. Действующие нормативы рассматривают транспортирование и складирование хвостов со средневзвешенной крупностью более 0,1 мм при консистенции Т:Ж от 1:10. Внедрение научных достижений на предприятиях АО НГМК позволило перера-

Таблица 1
Проектная консистенция пульпы, поступление и потери жидкой фазы пульпы в хвостохранилища и объемы оборотного водоснабжения по перерабатывающим предприятиям АО «НГМК»

Наименование предприятия	Консистенция пульпы, Т:Ж	Поступление жидкой фазы пульпы, млн. м ³	Потери, млн. м ³	Объем оборотного водоснабжения	
				млн. м ³	%
ГМЗ-1	2,1	2,3	2,3	0*	0
ГМЗ-2	1,03	51,5	51,5	0	0
ГМЗ-3	1,9	12,5	12,5	0	0
ГМЗ-4	1,3	2,5	1,9	0,6	24
ГМЗ-5	1,54	7,7	6,1	1,6	21
ГМЗ-7	1,03	12,4	4,9	7,5	60
МЗИЦ	2,3	2,3	1,8	0,5	22
Итого (без ГМЗ-1)		88,9	78,7	10,2	11

Таблица 2

Среднее многолетнее распределение осадков и испарения аридной зоны холодных пустынь по данным метеостанции Тамды

Наименование	Единицы измерений	Сезон				Итого
		зима	весна	лето	осень	
Осадки	мм	51	69	7	20	147
	мм	120				
Испарение	мм	61	507	882	257	1707
	мм	568				
Осадки	% к годовому итогу	35	47	5	13	
	% к годовому итогу	82				
Испарение	% к годовому итогу	4	30	52	14	100
	% к годовому итогу	34				
Отношение испарение/осадки	% по сезонам	10	63	1085	111	1161
	% (зима + весна) / (лето + осень)	41				

батывать руду до средневзвешенного диаметра 0,44±0,56 мм и повысить консистенцию пульпы до 1:1,03 ÷ 1:3. Использование устаревших нормативов не учитывающих особенности природно-хозяйственных условий предприятий ОА «НГМК» приводит к тому, что в проектах рассчитывается осреднённый водный – шламовый баланс для всего объекта в годовом разрезе, основанный на искаженных данных.

Среднее многолетнее распределение осадков и испарения аридной зоны холодных пустынь, к которым относится пустыня Кызылкум, характеризуется данными метеостанции Тамды, сведенными в табл. 2.

Приведённые данные показывают крайнюю неравномерность распределения осадков и испарения в течение года. Доля осадков в холодный период года составляет 82% от общего количества, а испарение с водной поверхности 34% от годового показателя. В сезонном разрезе разница между показателями еще более значимая. Количество осадков в зимний период превышает летний показатель в 7 раз, а испарение в эти периоды повышаются в 14 раз. Такой большой диапазон колебаний показателей по сезонам указывает на то, что для стабильной работы системы оборотного водоснабжения водный баланс необходимо рассматривать в сезонном разрезе.

Водный баланс может быть общим для всего объекта и локальным для его части. Общее уравнение водного баланса, любого

объекта, которое показывает соотношение прихода, расхода и изменений запасов воды, имеет следующий вид:

$$P + V_{sl} + V_{ul} - E - V_{so} - V_{uo} - \Delta V = 0 \quad (1)$$

где P – атмосферные осадки;

V_{sl} – поверхностный приток;

V_{ul} – подземный приток;

E – испарение с поверхности хвостохранилища;

V_{so} – поверхностный отток и водозабор;

V_{uo} – подземный отток;

ΔV – изменение общих запасов воды в объекте.

Для определения объёмов возможного оборотного водоснабжения необходимо рассмотреть локальный водный баланс прудка хвостохранилища. Ввиду того, что расчёт даже локального водного баланса полностью не может быть уложен в объём журнальной статьи в данной работе, анализируются данные, которые позволят увеличить объём оборотного водоснабжения.

Расходная и приходная часть локального водного баланса и его составляющие определяются по приведенным ниже зависимостям.

Атмосферные осадки попадают в прудок с различных частей хвостохранилища с количестве от 0 до 100%. На поперечном разрезе хвостохранилища (рис. 1) показаны зоны хвостохранилища с различными характеристиками при расчёте приходной части водного баланса.

Осадки, попадающие на поверхность прудка площадью $\omega_{пр}$, учитываются с коэффициентом стока равным $K_{c^{пр}} = 1,0$. Осадки, выпадающие на поверхность постоянно увлажнённой прудковой зоны пляжа (зона капиллярного поднятия прудковых вод) площадью $\omega_{пз}$, учитываются с коэффициентом стока равным $K_{c^{пз}} = 0,7$. Осадки, выпадающие на поверхность пляжа, увлажненной при складировании хвостов площадью $\omega_{пл}$, учитываются с коэффициентом стока равным $K_{c^{пл}} = 0,3$. Осадки, выпавшие на сухие пляжи, до прудка не доходят и в водном балансе прудка хвостохранилища не учитываются.

В водном балансе прудка хвостохранилища количество осадков в M^3 определяются по формуле 2.

$$P = K_{c^{пр}} \cdot h \cdot \omega_{пр} + K_{c^{пз}} \cdot h \cdot \omega_{пз} + K_{c^{пл}} \cdot h \cdot \omega_{пл} = 1,0 \cdot h \cdot \omega_{пр} + 0,7 \cdot h \cdot \omega_{пз} + 0,3 \cdot h \cdot \omega_{пл}, M^3 \quad (2)$$

где h – слой осадков во влажный период (октябрь-май), мм;

$\omega_{пр}$, $\omega_{пз}$, $\omega_{пл}$ – площади прудка, прудковой зоны и влажных пляжей, тыс. M^2 .

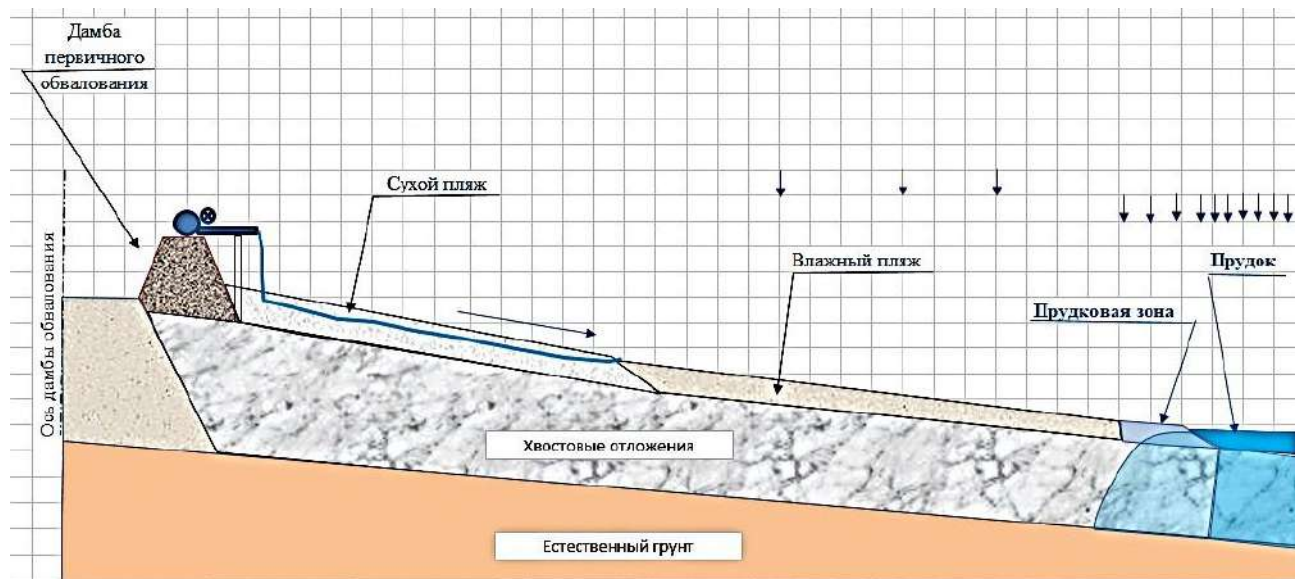


Рис. 1. Схема расположения зон хвостохранилища с различными характеристиками при расчёте приходной части водного баланса прудка

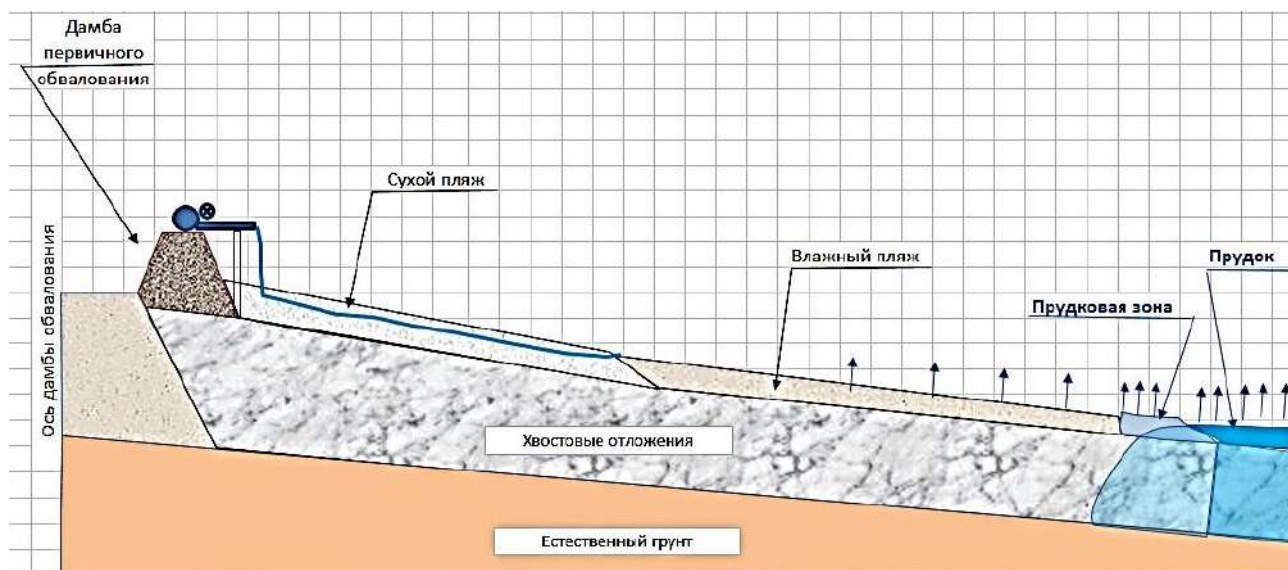


Рис. 2. Схема расположения зон хвостохранилища с различными характеристиками при расчёте расходной части водного баланса прудка

Поверхностный приток V_{sl} в прудок хвостохранилища определяется по зависимости, учитывающей поступление с гипсометрически выше расположенной поверхности $V_{sl}^{пн}$, прилегающей к хвостохранилищу, и часть поступления жидкой фазы пульпы $V_{sl}^{жфп}$.

$$V_{sl} = V_{sl}^{пн} + V_{sl}^{жфп} \quad (3)$$

Потоки воды с гипсометрически выше расположенной поверхности рельефа $Q_{sl}^{пн}$, действующими нормативами рекомендуется отводить, не смотря на дефицит водных ресурсов в аридной зоне. Представляется целесообразным при проектировании рассматривать возможность использования поверхностного притока в объёмах оборотного водоснабжения.

Подземный приток грунтовых вод V_{ul} в хвостохранилищах АО «НГМК» отсутствует, за исключением хвостохранилища ГМЗ-3, где противодиффузионная завеса замкнута на водоупорные грунты, залегающие на глубине 5-14 м.

Основными составляющими расходной части водного баланса прудка являются испарение, фильтрация и водозабор оборотного водоснабжения. Расчётная схема потерь из прудка приведена на рис. 2.

Среднегодовое испарение с поверхности хвостохранилищ E складывается из испарения с водной поверхности прудков хвостохранилищ E_v и эвапотранспирации E_m , которая в рассматриваемом

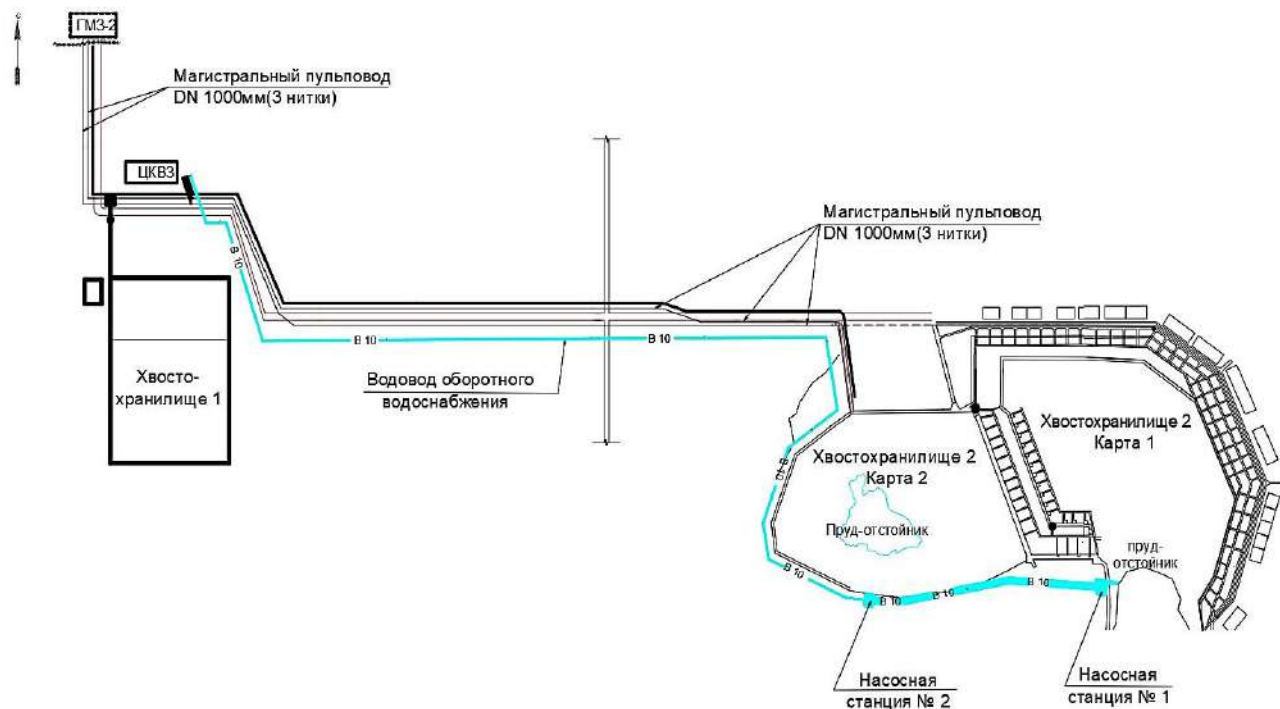


Рис. 3. Схема подачи оборотной воды из хвостохранилища 2 на ГМЗ-7

Таблица 3

Ориентировочный водный баланс различных типов хвостохранилища 2 ГМЗ-2 в годовом разрезе

Составляющие водного баланса		Обозначение	Ед. изм.	Количество единиц по типу хвостохранилища		
				наливное	комбинированное	комбинированное с фильтрующими дамбами
Поступление твердой фазы						
Приходная	Жидкая фаза пульпы	$V_{\text{жфп}}$	млн. м ³	62,2	62,2	62,2
	Атмосферные осадки	P	млн. м ³	1,5	0,8	0,3
	Итого		млн. м ³	65,6	64,9	64,3
Расходная часть	Остаток в твердой фазе	$V_{\text{хв}}$	млн. м ³	27,4	24,9	24,9
	Впитывание подстилающим слоем	$V_{\text{во}^{\text{кв}}}$	млн. м ³	8,2	7,5	7,5
	Фильтрация из прудка	$V_{\text{во}^{\text{пр}}}$	млн. м ³	7,4	4,4	0,01
	Испарение с прудка	$E^{\text{в}}$	млн. м ³	11,6	6,8	0,9
	Испарение с прудковой зоны (эвапотранспирация)	$E^{\text{т}}$	млн. м ³	2,1	1,1	0,5
	Оборотное водоснабжение	$V_{\text{со}}$	млн. м ³	8,9	20,2	30,6
Доля оборотного водоснабжения			%	13,8	31,6	47,8

случае является испарением с поверхности хвостовых отложений в прудковой зоне, постоянно увлажнённой за счёт капиллярной подпитки со стороны кривой депрессии.

$$E = E_{\text{в}} + E_{\text{т}}, \omega_{\text{пр}} = E_{\text{в}}^{\text{уд}} \omega_{\text{пр}} + E_{\text{т}}^{\text{уд}} \quad (4)$$

где $E_{\text{в}}^{\text{уд}}$ – удельное испарение с водной поверхности;

$E_{\text{т}}^{\text{уд}}$ – удельная эвапотранспирация;

$\omega_{\text{пр}}$ – площадь прудка;

$\omega_{\text{пз}}$ – площадь прудковой зоны.

При рассмотрении формулы 4 очевидно, что чем меньше площадь прудка и прудковой зоны, тем меньше безвозвратные потери на испарение. Подземный отток $V_{\text{во}}$ жидкой фазы пульпы для расчётов локального водного баланса прудка можно воспользоваться упрощённой формулой 5, которая рассматривает фильтрационные потери с учетом фильтрационной анизотропии

$$V_{\text{во}^{\text{пр}}} = k_{\text{ср.в}} \omega_{\text{пр}} T \quad (5)$$

$k_{\text{ср.в}}$ – средневзвешенный коэффициент фильтрации хвостов или противofильтрационного экрана на площади прудка;

$\omega_{\text{пр}}$ – площадь распространения кривой депрессии;

T – продолжительность периода.

Для уменьшения фильтрационных потерь из прудка необходимо добиваться снижения коэффициентов фильтрации.

Для примера рассмотрим схему проектного оборотного водоснабжения на хвостохранилищах ГМЗ-2 и ГМЗ-7, которая приведена на рис. 3. Водозабор осуществляется из прудков карт 1 и 2 хвостохранилища двумя насосными станциями 1-го подъёма и подается на насосную станцию 2-го подъёма, которая перекачивает возвратные воды на ГМЗ-7.

Наливное хвостохранилище 2 запроектировано овражно-балочного типа со схемой складирования «от дамбы к берегу». Принятая схема создала большие площади прудка, привела к выходу его на естественный грунт, и соответственно, значительным фильтрационным потерям. Из общего поступления 62,7 млн м³/г водной фазы пульпы на хвостохранилище 2 на ГМЗ-7 возвращается 7,5 млн м³/г или 12% от поступления.

Повышение объёмов оборотного водоснабжения в ближайшее время можно осуществить при переводе хвостохранилища 2 из наливного в комбинированный тип с применением схемы кругового раздельного складирования хвостов и проведением противofиль-



Рис. 4. Фиксация геомембраны балластом

традиционных мероприятий в южном секторе хвостохранилища 2, где залегают загипсованные грунты с коэффициентом фильтрации до $4,6 \text{ м/сут}$, и на участке № 1 залегающие палеогеновые пески с коэффициентом фильтрации до 12 м/сут . Это даст возможность дополнительно получить еще $11,3 \text{ млн. м}^3$ оборотной воды и довести долю оборотного водоснабжения до $31,6\%$ от поступления.

Для транспортирования оборотной воды на ГМЗ-7 представляется рациональным рассмотреть возможность использования одной из 3 ниток магистрального пульпопровода диаметром $\text{DN}=1000 \text{ мм}$, что значительно снизит потери напора по длине, поднимет производительность насосного оборудования и облегчит условия эксплуатации. При этом пульпу, транспортируемую по одной из ниток магистрального пульпопровода от ГМЗ-2 можно будет использовать для намыва противофильтрационного экрана на вновь создаваемых картах 7 и 8 хвостохранилища 1.

На перспективу рациональной представляется схема, когда вся пульпа ГМЗ-2 будет складироваться на хвостохранилище 1 с небольшой площадью прудков карт 7 и 8, отгороженных фильтрующими дамбами и водонепроницаемым экраном на участке постоянного прудка, а освободившаяся нитка магистрально пульпопровода будет использована для оборотного водоснабжения. Такая схема при осуществлении противофильтрационных мероприятий позволит поднять долю оборотного водоснабжения не менее до $47,8\%$ и довести ее до $30,6 \text{ млн. м}^3/е$, даст значительную экономию электроэнергии при минимальных затратах на строительные работы.

Ориентировочный водный баланс для различных типов хвостохранилищ ГМЗ-2 приведен в табл. 3.

Как видно из приведенных данных объем оборотного водоснабжения при внедрении научных достижений может быть увеличен в более чем в 3 раза.

Экспериментальные работы по намыву противофильтрационных экранов были успешно проведены на загипсованных косогор-

ных участках карты 2 и равнинных участках карты 1 хвостохранилища 2, на золотых песках хвостохранилища ГМЗ-3, на просадочных грунтах хвостохранилища Ауминзо-Амантайского ЗИЦ.

Грунтопленочный экран в настоящее время устраивается из геомембраны, защищаемой грунтом и разравнивается бульдозером. При разравнивании грунта происходит повреждение геомембраны, при наличии сильно фильтрующих грунтов в основании хвостохранилища тяжело достигнуть нормативный показатель по коэффициенту фильтрации $1 \cdot 10^{-4} \text{ м/сут}$. Для устройства водонепроницаемого экрана рекомендуется производить фиксацию положения геомембраны балластом (рис. 4).

В результате исследований можно сделать следующие выводы:

1. Повторному использованию оборотной воды в настоящее время не уделяется должного внимания. Проектом предусмотрено использование только 11% от поступающей на хвостохранилища жидкой фазы пульпы.

2. Действующие нормативы, разработанные более 30 лет назад не учитывают особенностей природно-климатических условий АО «НГМК» в части расчетов водного баланса.

3. Представляется рассматривать в проектах использование поверхностного притока с рядом расположенных территорий, которые в настоящее время предписывается отводить за пределы хвостохранилищ.

4. Для уменьшения потерь на испарение рекомендуется уменьшать площадь прудков, рассматривать перевод хвостохранилищ в комбинированный тип с круговой схемой складирования, что даст увеличение объема оборотного водоснабжения более чем в 2 раза.

5. Для уменьшения потерь на фильтрацию рекомендуется рассматривать вариант уменьшения площади прудков путем устройства фильтрующих дамб и непроницаемых противофильтрационных экранов на участках постоянных прудков, что даст увеличение объема оборотного водоснабжения более чем в 3 раза.

НТ-250-01; НТ-250 М

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК



NMZ

Вдохни жизнь в металл

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС



Бердиев Д.М.,
заведующий кафедрой
«Обработка металлов давлением»
ТГТУ им. И. Каримова,
д.т.н., профессор



Абдуллаев А.Х.,
докторант кафедры
«Обработка металлов давлением»
ТГТУ им. И. Каримова



Камилова Г.М.,
докторант кафедры
«Обработка металлов давлением»
ТГТУ им. И. Каримова

Mayda modulli tishli g'ildiraklarni siklik termik ishlov berish texnologiyasi takomillashtirilgan, natijada eyilishga bardoshliligi 30÷40% ga oshgan. Tishli g'ildiraklar dastlab siklik qizdirish va tugallangan impulsli toblash termik ishlov berish tartiblaridan o'tkazilgan. Natijada 450°S harortgacha siklik qizdirib ishlov berilganda austenit donachalari va martensit plastinkalarining o'chamlari qizdirish haroratiga bog'liq emasligi aniqlangan.

Tayanch iboralar: siklik termik ishlov berish, dilokatsiya zichligi, eyilishga bardoshlilik, impulsli toblash, kristall struktura, kam legirlangan po'lat, fazali qayta kristallanish, kristallik tuzulish nuqsonlari.

Усовершенствована технология термоциклической обработки мелко модульных зубчатых колес, позволяющая повысить их износостойкость на 30÷40%. Зубчатые колёса подвергали предварительному циклическому нагреванию и последующей импульсной закалке. При циклической термообработке до температуры 450°С размеры аустенитных зёрен и мартенситных пластинок не зависели от температуры.

Ключевые слова: термоциклическая обработка, плотность дислокаций, износостойкость, импульсная закалка, кристаллическая структура, низколегированная сталь, фазовая перекристаллизация, дефектность кристаллического строения.

Анализ публикаций по термической обработке [1-3] показал, что в настоящее время для улучшения структуры и свойств сталей широко используют циклическую термическую обработку (ЦТО), которая эффективнее улучшает механические свойства сталей по сравнению с традиционными термическими обработками [2].

В настоящей работе исследования направлены на повышение износостойкости зубьев мелко модульных зубчатых колёс из низколегированной стали 65 Г применением ЦТО без изменения химического состава материала зубчатых колес.

Положительные результаты достигнуты путём изменений структуры материала в результате физических и химических процессов.

При ЦТО интенсифицируются диффузионные превращения в результате повторного ускоренного нагревания и охлаждения в стадии незаконченной перекристаллизации аустенита и ещё несформированного роста зёрен. Данный способ обработки основан на получении устойчивого аустенита путём размельчения структурных зёрен и перераспределения дислокаций при высоких температурах, достигаемых индукционным нагреванием (ИН).

В результате накопления структурных преобразований и фазовых превращений получили структуру стали, которую нельзя получить традиционными способами термообработки.

Эффективность ЦТО зависит от последовательности операций, числа циклов, скорости нагревания и охлаждения, химического состава стали.

Применение ЦТО с полиморфными превращениями и в условиях их отсутствия показали, что при нагревании и охлаждении сталей имеют место фазовые превращения. Для повышения износо-

стойкости низколегированных сталей необходимо оптимизировать режимы ЦТО. Для этих целей исследовали структуры сталей и определяли износостойкость в условиях трения после предварительной ЦТО и последующей ИН образцов.

При ЦТО образцы диаметром 20 мм и высотой 7 мм нагревали высокочастотным током продолжительность от нескольких до 20 с. Для нагревания использовали устройство Л3107, для определения температуры –термопары. Образцы нагревали до температур $T = 450, 550$ и 700°C , после чего их охлаждали. Для этого подавали охлажденный воздух. Повторная фазовая перекристаллизация сталей достигалась нагреванием до температуры $A_{c3} + (30\div 50)^{\circ}\text{C}$. Окончательное нагревание осуществляли при температуре $T = 900^{\circ}\text{C}$. Далее сталь охлаждали в масле и нагревали до температуры $T = 180^{\circ}\text{C}$, затем охлаждали подачей воздуха. Окончательное охлаждение стали обеспечивает формирование пластинчатой структуры [7]. Лучший результат был получен ЦТО при $T = 450^{\circ}\text{C}$.

Металлографический анализ выполняли на ионном хромографе Metrohm 850 Professional IC (SEM-EDX) и растровом электронном микроскопе Zeiss EVO MA 10 [5]. Структуру стали изучали с помощью спектрального рентгеновского анализатора Shimadzu [6]. Для получения рентгенограмм использовали излучение железного анода. Ширину рентгеновских линий определяли по графикам, скорректированным аппроксимацией.

Для определения износостойкости измеряли износ при трении образцов стали по неприкрепленным абразивным материалам и по металлу [6].

Важным при ЦТО является обеспечение закалки стали на требуемую глубину и исключение появления окалина на поверхности

изделия. Преимуществами данной обработки являются высокая производительность, получение изделия с высокими механическими свойствами, возможность обработки изделий любой формы.

Анализ состояния структуры предварительно термически обработанной стали 65Г с помощью ИН при разных температурах (в пределах докритической) после ЦТО показал, что дефектность кристаллической структуры стали мало зависит от температуры и числа циклов [7].

Установлено, что при нагревании выше критической температуры A_{c1} и при охлаждении подачей воздуха формировались примерно одинаковые структуры, при этом дефектности были разные.

В табл. 1 приведены значения показателя дефектности β , среднее значение β_{cp} и твердость HRC образцов из стали 65Г после ЦТО, индукционной закалики и отпуска при $T = 180^\circ\text{C}$. Лучшие результаты получены при температуре 450°C и числе циклов нагревания $N = 3-5$.

При других температурах (550 и 700°C) дефектность кристаллического строения была неустойчивой или низкой. Хорошие результаты при $T = 450^\circ\text{C}$ можно объяснить микропластической деформацией в результате быстрого теплообмена при циклическом нагревании. Образование второй фазы обусловлено микропластической деформацией зерен.

В результате имела место интенсификация возникновения дислокаций, при этом высокая температура приводит к полигонизации структуры, что обеспечивает ее стабильность, в результате кристаллическая структура материала имеет невысокую дефектность.

Повторное нагревание выше температуры образования однофазовой полигонной структуры при высокой плотности дислокаций обеспечивает образование требуемой структуры. При ЦТО сталей при температуре до 450°C происходит интенсивная перекристаллизация структуры, при этом полигонная структура не образуется.

Сравнение результатов после ЦТО при температуре 450°C и окончательной закалики ИН с результатами традиционной закалики ИН показало, что плотности дислокаций в первом случае повышаются незначительно. При одинаковой твердости ($59-60$ HRC) разница ширины рентгеновских линий составила $\Delta\beta_{cp} = 5 \cdot 10^{-3}$ рад.

Испытания на износостойкость образцов, прошедших разные режимы обработки, показали аналогичные результаты, что и выводы исследований микроструктур и тонких структур образцов. При ЦТО и ИН в образцах образовалась одинаковая микроструктура, зёрна одинаковых размеров, образцы имели одинаковые твердости, отличие заключалось в дефектности кристаллической решётки.

В табл. 2 представлены результаты испытания на износостойкость образцов из стали 65Г после термических обработок на разных режимах.

Установлено, что после трёх циклов ЦТО при $T = 450^\circ\text{C}$, охлаждении воздухом, ИН при $T = 900^\circ\text{C}$ и отпуске при $T = 180^\circ\text{C}$ в течение 60 мин износостойкость стали 65Г на $25-30\%$ выше по сравнению с износостойкостью образцов, подвергнутых другим видам термической обработки.

Структурный анализ сталей показал, что во всех случаях ЦТО и ИН образуется мартенситная структура, обеспечивающая высокую жёсткость материала. Размеры мартенситных пластинок зависят от температуры нагревания при закалике. При ЦТО до температуры 450°C размеры аустенитных зёрен и мартенситных пластинок не зависели от температуры.

Установлено, что изменение размеров аустенитных зёрен оказывает большое влияние на результаты закалики.

Рентгеноструктурный анализ образцов сталей, обработанных ИН при разных температурах, показал, что степень дефектности кристаллической структуры после закалики стали зависит от продолжительности нагревания (рис. 1).

Самый высокий показатель дефектности β структуры наблюдался при продолжительности нагревания $t = 4-5$ с.

Однако эта закономерность может измениться при других размерах изделия.

Полученные результаты сравнивали с показателями образцов из стали 18ХГТ, прошедших нитроцементацию и термообработку.

Экспериментально был определён оптимальный режим термической обработки зубцов мелко модульных зубчатых колёс из стали 65Г:

1. Циклическое нагревание (число циклов $N = 3$) при $T = 400-500^\circ\text{C}$, охлаждение подачей воздуха до температуры

Таблица 1
Показатель дефектности β и твердость стали 65Г после ЦТО, индукционной закалики и отпуска при $T = 180^\circ\text{C}$

$T, ^\circ\text{C}$	Число циклов	$\beta, 10^{-3}$ рад	$\beta_{cp}, 10^{-3}$ рад	HRC
450	1	63,40; 64,45; 64,43	66,42	59,5
	3	64,50; 71,68; 70,36	68,91	60,0
	5	73,90; 69,00; 69,50	70,80	59,5
550	1	73,40; 63,90; 62,17	66,49	58,5
	3	67,57; 65,73; 64,98	66,09	59,5
	5	69,48; 64,45; 64,47	69,46	59,0
700	1	71,69; 69,00; 70,45	70,00	59,5
	3	63,66; 64,00; 63,80	63,82	60,0
	5	63,00; 63,00; 63,20	63,70	59,0
800	1	60,50; 60,66; 60,42	60,52	59,0
	3	63,90; 63,94; 63,90	63,91	59,0
	5	60,76; 62,99; 62,90	61,90	59,5
Индукционная закалика 900°C + отпуск при 180°C		64,98; 65,12; 64,92	65,01	59,5

Таблица 2

Результаты испытания на износостойкость стали 65Г после термообработки на разных режимах

Термообработка ($T, ^\circ\text{C}$)	$\Delta m_b, \text{мг}$	$\Delta m_n, \text{мг}$	HRC	$m_{cp}, \text{мг}$
Индукционная закалика (900), отпуск (180)	59,07	29,06	53,5+60	89,37
	65,00	28,86	53,5	
	61,53	28,78	58+60	
	58,36	27,34	59	
Три цикла нагревания (450), индукционная закалика (900), отпуск (180)	46,09	22,14	59	66,78
	49,30	23,09	59	
	40,02	24,49	58	
	38,00	24,01	59	
Три цикла нагревания (550), индукционная закалика (900), отпуск (180)	60,33	22,05	59	82,14
	36,01	24,15	59	
	54,26	25,13	59	
	59,12	27,02	59	

Примечание. Обозначения: Δm_b и Δm_n – износы соответственно верхнего и нижнего образцов; $m_{cp} = (\Delta m_b + \Delta m_n)/2$.

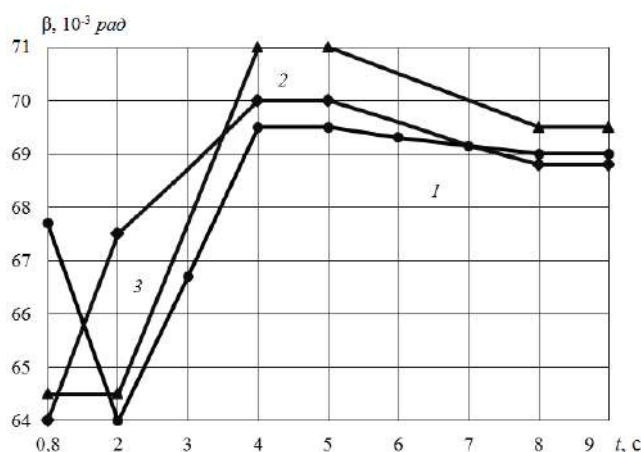


Рис. 1. Зависимости показателя дефектности β стали от времени t термической обработки при $T = 870$ (1); 900 (2); 950 (3) $^{\circ}\text{C}$

$80 \div 100^{\circ}\text{C}$; при напряжении на аноде $V_a = 6,5 \text{ кВ}$ и силе тока $I_a = 5,5 \text{ А}$ сила тока составила $I = 0,55 \text{ А}$, зубья нагревались до $T = 450^{\circ}\text{C}$, время нагревания составило $t = 3 \div 4 \text{ с}$; время охлаждения воздухом до температуры $T = 80 \div 100^{\circ}\text{C}$ составляло 140 с .

2. Закалка при напряжении на аноде $V_a = 9 \text{ кВ}$ и силе тока $I_a = 8,5 \text{ А}$ сила тока составила $I = 0,8 \div 1,8 \text{ А}$, зубья нагревались до $T = 900^{\circ}\text{C}$, время нагревания 7 с , охлаждающая среда – масло.

3. Нагревание в селитровой ванне до $180 \div 200^{\circ}\text{C}$ в течение 60 мин , отпуск на воздухе.

При данной обработке средний диаметр аустенитного зерна в середине структуры зубьев зубчатого колеса из стали 65Г составил $d_{cp} = 0,055 \text{ мм}$ (5, 6 баллов), в вершине зубьев $d_{cp} = 0,0927 \div 0,0729 \text{ мм}$ (4, 5 баллов), в тонком слое на поверхности зубьев образовалось покрытие с закаленной мартенситной структурой.

Зубья зубчатых колёс из стали 65 Г, прошедшие ЦТО и ИН, имели износостойкость в 1,3-1,4 раза выше износостойкости зубчатых колёс с термообработкой традиционным ИН и в 1,2-1,3 раз выше износостойкости зубцов из нитроцементированной стали 18ХГТ.

Библиографический список:

1. Sagaradze V.V., Zuev Yu.N., Bondarchukl S.V. Structural heredity in the U-6Nb Alloy and Conditions for its Elimination // *The Physics of Materials and Metallurgy*. 2013. – Vol. 114, no. 4, pp. 299-307.
2. Yugai S.S., Kleiner L.M., Shatsov A.A., Mitrokhovich N.N. Structural heredity in low-carbon martensitic steels // *MetallSciens and teat treatment*. 2004. – Vol. 46. No. 11, 12, pp. 539-542.
3. Бердиев Д. М., Юсупов А. А. Повышение износостойкости зубьев зубчатых колёс циклической закалкой с индукционным нагреванием // *Вестник машиностроения*. – Москва: Машиностроение, 2020. – С. 50-53.
4. Батаев В.А., Батаев А.А., Алхимов А.П. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей. – Минск: Наука, 2007. – 224 с.
5. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. – М.: МИСИС, 1994. – 328 с.
6. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – М.: МСХА, 2005. – 356 с.
7. Бердиев Д.М., Юсупов А.А., Ибодуллаев Т.Н. Повышение износостойкости стальных изделий нетрадиционными режимами термической обработки // *Горный Вестник Узбекистана*. – Навои, 2021. – № 1(84). – С. 78-81.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ



Эгамбердиев И.П.,
и.о. профессора кафедры
«Технология машиностроения»
НГГТУ, д.т.н.



Очиллов У.Ю.,
ассистент кафедры
«Технология машиностроения»
НГГТУ



Мамадияров А.Ж.,
ассистент кафедры
«Технология машиностроения»
НГГТУ



Хамроев Н.Н.,
ассистент кафедры
«Технология машиностроения»
НГГТУ

Ushbu maqolada, kesish jarayonining real modelini va tebranishning beqarorligini ta'minlash uchun vaqt-domenli frezalash jarayoni modeli amalga oshirildi, chunki taxminlar soni minimal darajaga tushiriladi. Simulink frezalash modeli tebranish halqasi diagrammasi kontseptsiyasi asosida ishlab chiqilgan. Asosiy model dasturi C dasturlash tilida yozilgan bo'lib, Matlab/Simulink dasturiy ta'minoti bilan bog'lan imkonini beradi. Murakkab vaqt domenini modellashtirish ishlov berish jarayonida tebranishning o'zgarishini taxmin qilishi mumkin. Kontaktning yo'qolishi va jarayonning demferlanishi kabi chiziqli bo'lmagan xatti-harakatlar osongina hisobga olinishi mumkin. Bu frezalash jarayonining dinamikasi haqida to'liqroq tasavvur beradi.

Tayanch iboralar: modellashtirish, Matlab/Simulink, vaqtinchalik sohada modellashtirish, frezalash operatsiyasi, frezalash kuchi, dempferlash jarayoni, kesish kuchlari, kesuvchi asbob bikrligi va kesish kuchining koeffitsienti, kesish kuchini modellashtirish, frezaning geometrik parametrlari, tizimli dinamika, qirindining proposional maydoni.

В этой статье проводится модель процесса фрезерования во временной области для обеспечения реалистичной моделью процесса резания и неустойчивости вибрации, поскольку количество допущений сведено к минимуму. Модель фрезерования Simulink была разработана на основе концепции диаграммы петли вибрации. Программа основной модели написана на языке программирования C, который может быть сопряжен с программным обеспечением Matlab/Simulink. Комплексное моделирование во временной области может предсказать изменение вибрации во время процесса обработки. Нелинейное поведение, такое как потеря контакта и демпфирование процесса, может быть легко учтено. Это дает более полное представление о динамике операции фрезерования.

Ключевые слова: моделирование, matlab/simulink, моделирование во временной области, операции фрезерования, силы фрезерования, демпфирование процесса, силы резания, жесткость инструмента и коэффициент силы резания, моделирование силы резания, геометрические параметры фрезы, системная динамика, пропорциональная площадь стружки.

В настоящее время существует множество работ по устойчивости к вибрации при фрезеровании. Тласти Жд. и Смит С. предложили регенеративную вибрацию станка при ортогональном резании. Они использовали графики размаха для оценки стабильного и неустойчивого состояния операции фрезерования [1].

Алтынташ Ю. и Будак Э. разработали практический способ прогнозирования области устойчивости по компонентам ряда Фурье [2]. Эйнан М. и Алтынташ Ю. использовали динамическую модель резания, учитывающую рекуперативную вибрацию и токарную операцию [3]. Цао Х. и др. в своей работе представили метод оценки лепестка устойчивости к вибрации с изменяющейся по скорости динамикой шпинделей [4]. Дин Ю. и др. предложили метод интегрирования эффективности с интегральным уравнением и уравнением интегрирования для устойчивости фрезерования [5]. Лазоглу Ю. и др. предложили метод пятикоординатного фрезерования со сложной поверхностью произвольной формы [6]. Грабовский Р. и др. представили подход к прогнозированию сил сложных концевых фрез [7]. Озкirimли О. и др. представили модель динамики и стабильности для многоосевого фрезерования [8-11].

Модель для фрезерования во временной области. Модель фрезерования Simulink, показанная на рис. 1, была разработана на основе концепции диаграммы петли вибрации. Модель состоит из трёх основных блоков: кинематики фрезерования, силы фрезерования и системной динамики. В системах кинематики фрезерования закодирована программа на языке «С» для расчёта толщины стружки и расчета контакта вдавливания. Этот блок связан с блоком сил фрезерования, который содержит блоки других подсистем, как

показано на рис. 2. Эти простые блоки Simulink связаны с расчётами сил фрезерования (сил сдвига и демпфирования процесса). Выходные данные блока сил фрезерования будут переданы в блок системной динамики, где вычисляются относительные смещения и скорости системы. Наконец, выход этого блока в виде относительного смещения системы комбинируется с соответствующей скоростью подачи для подачи блока кинематики фрезерования, таким образом, цикл замыкается.

Программа основной модели написана на языке программирования C, который может быть сопряжен с программным обеспечением Matlab/Simulink. Здесь моделирование выполняется через фиксированные интервалы времени, кроме того, используется концепция дискретизации модели инструмента/детали для расчёта толщины стружки, объёма контакта с натягом и сил резания на каждом этапе времени. Кроме того, объём вычислений был уменьшен за счёт компиляции модели в виде исполняемого файла C-программы.

В этом исследовании допущения модели аналогичны тем, которые можно найти в обычной литературе [11]:

Жёсткость инструмента и коэффициент силы резания предполагаются постоянными.

Силы резания оцениваются с использованием линейной модели силы на кромке.

Геометрия резания моделируется с использованием алгоритма дискретной кинематики. Это обеспечивает реалистичное представление того, как фреза и заготовка взаимодействуют во время вибрационного фрезерования.

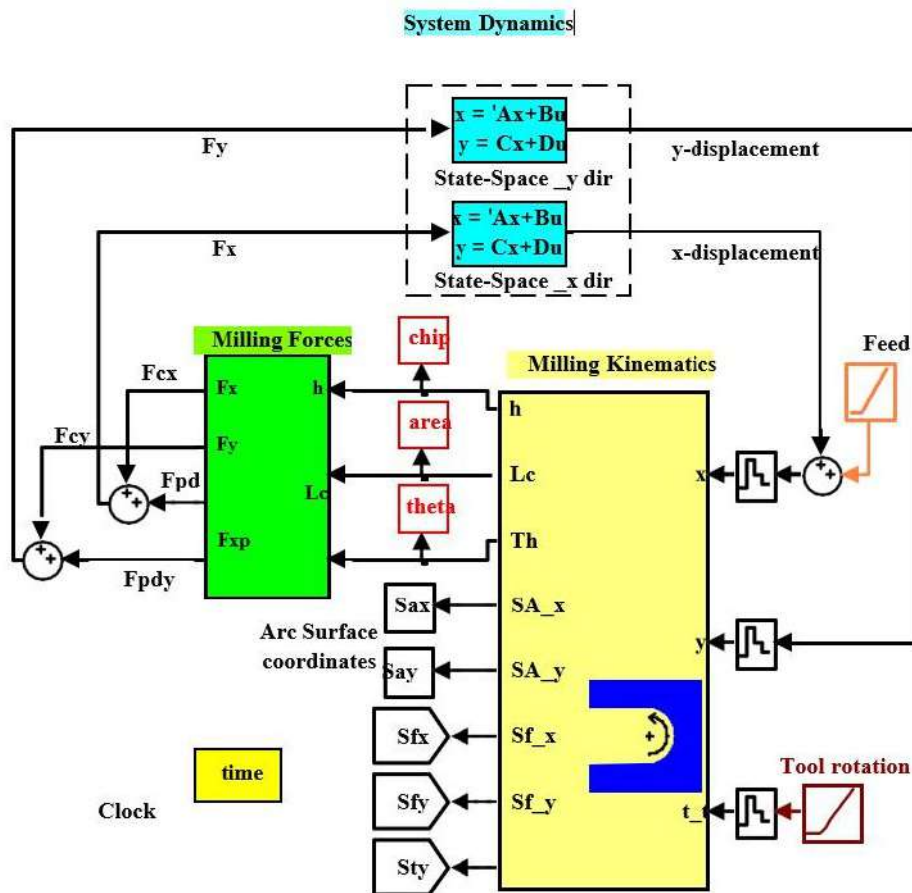


Рис. 1. Основная модель Simulink с фрезерованием с демпфированием процесса

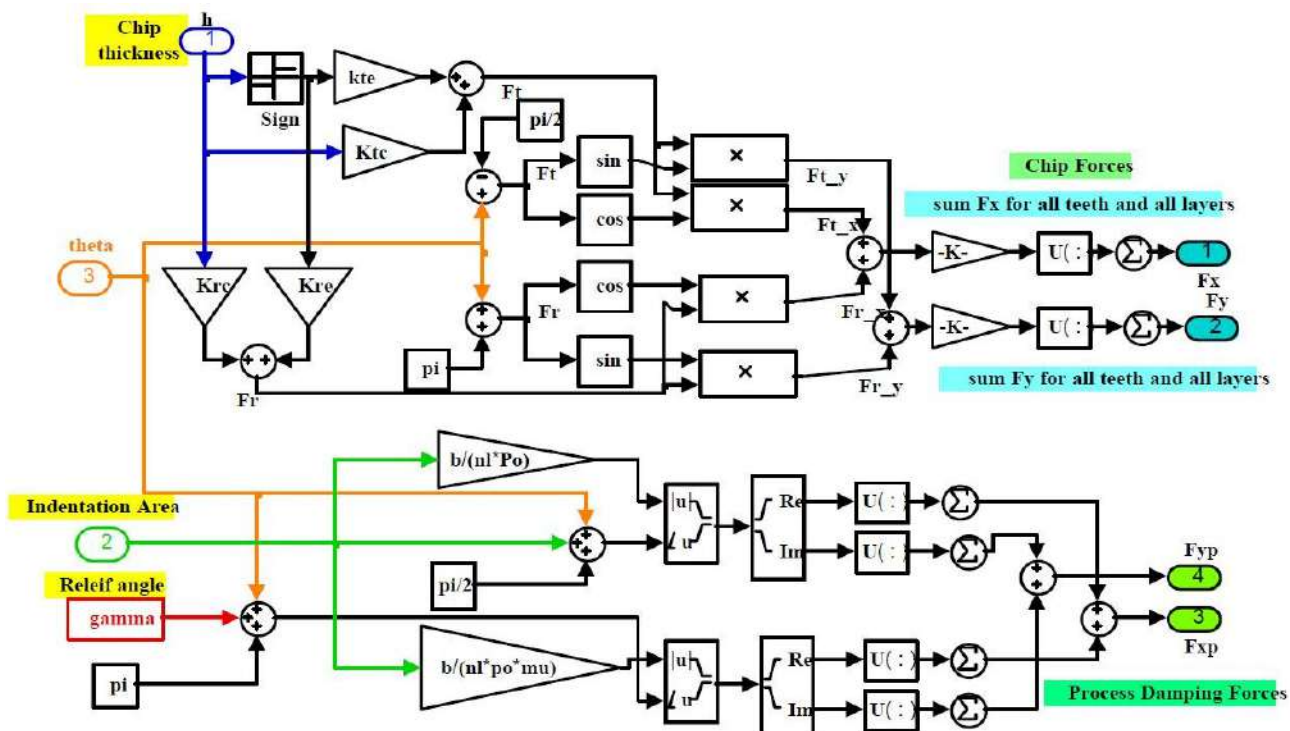


Рис. 2. Расчёт сил резания в подсистеме Simulink

Входные и выходные данные моделирования этой модели хранятся в m-файлах Matlab.

Основные входные данные модели:

- динамические параметры: собственная частота, жёсткость и коэффициент демпфирования или эквивалент (масса, жёсткость и коэффициент демпфирования) для каждой формы вибрации.

- геометрические параметры инструмента: количество зубьев, радиус инструмента, угол наклона спирали, задний угол, длина.

- параметры резания: скорость шпинделя, подача на зуб, глубина резания, коэффициент жёсткости резания, радиальное погружение, режим резания, коэффициент нормальных сил демпфирования процесса и коэффициент трения демпфирования процесса.

Моделирование сил резания.

Хорошо известно, что силы резания прямо пропорциональны поведению площади стружки. Упрощенная ортогональная сила резания была введена для моделирования динамики сил в процессе резания.

Силы резания, выраженные в уравнении (1), состоят из тангенциальной силы резания F_t , которая прямо пропорциональна площади стружки, и радиальной силы резания F_r , которая ортогональна и пропорциональна тангенциальной силе. Площадь стружки определяется произведением толщины стружки h и глубины резания b .

$$F_t = K_t \cdot b \cdot h, \quad F_r = K_r \cdot F_t = F_r \cdot K_t \cdot b \cdot h \quad (1)$$

где K_t и K_r – тангенциальное и радиальное удельное давление резания соответственно.

Эта модель соответствует фрезе с прямыми зубьями. Однако на практике большинство фрезерных инструментов могут иметь однородную или переменную спиральную канавку, поэтому каждая канавка проникает в заготовку в зависимости от углового положения по углу спирали, как показано на рис. 3. Геометрия формирования стружки и компоненты усилия фрезерования также показаны на рис. 3.

Теперь заготовка дискретизируется на несколько слоев n_i по осевой глубине резания. Для концевой фрезы каждый слой имеет форму диска с толщиной $dl=b/n_i$ (рис. 3б). На каждом осевом слое сила резания каждого зуба рассчитывается как произведение мгновенной площади поперечного сечения несрезанной стружки и коэффициента давления резания. В любой момент времени силы резания из-за механики образования стружки определяются по формуле:

$$F_{rciN_i} = \frac{b}{n_i} (K_{rc} h + K_{rb})$$

$$F_{tciN_i} = \frac{b}{n_i} (K_{tc} h + K_{tb}) \quad (2)$$

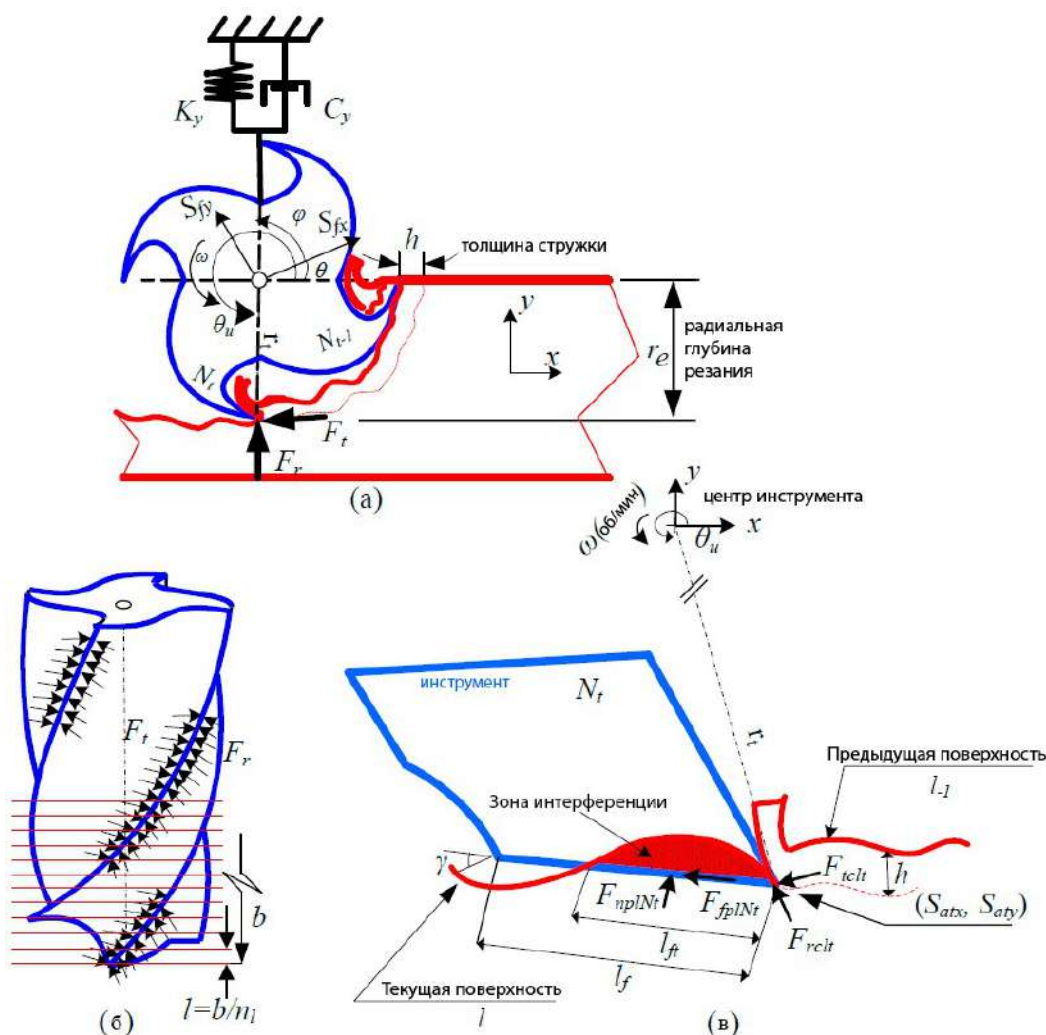


Рис. 3. Динамическая модель фрезерования, дающая относительное положение между режущим инструментом и заготовкой на каждом осевом «слое»

где F_{rcIN_i} – сила резания, действующая в радиальном направлении зуба для слоя l и зуба N_i .

Точно так же F_{rcIN_i} сила резания из-за механики стружки, действующей в тангенциальном направлении зуба N_i и слоя l . Нижние (r_c and t_c) индексы относятся к радиальной и тангенциальной резке соответственно. Тогда как коэффициенты K_{rc} и K_{tc} являются широко используемыми коэффициентами сил резания, которые должны быть получены опытным путём для конкретной заготовки и (часто) конкретного инструмента.

Коэффициенты краевой силы или силы трения K_{re} и K_{te} также могут быть включены в формулировку модели, но в данном тезисе для простоты они изначально принимаются равными нулю.

Затем эти силы преобразуются в глобальные координаты на основе угла погружения θ_u , как и показано на рис. 3в. Силы резания разлагаются на составляющие F_{xlt} и F_{yjt} суммируются в направлениях x и y соответственно:

$$F_{xclN_i} = F_{rcIN_i} \cos(\theta_u - \frac{\pi}{2}) + F_{tcIN_i} \cos(\theta_u + \pi) \quad (3)$$

$$F_{yclN_i} = F_{rcIN_i} \sin(\theta_u - \frac{\pi}{2}) + F_{tcIN_i} \sin(\theta_u + \pi)$$

$$F_{xc} = \sum_{l=1}^{n_t} \sum_{i=1}^{N_t} F_{xclN_i}, \quad F_{yc} = \sum_{l=1}^{n_t} \sum_{i=1}^{N_t} F_{yclN_i} \quad (4)$$

Силы демпфирования процесса. Считается, что явление демпфирования процесса существует из-за изменения фактического зазора или заднего угла инструмента при резании волнистой поверхности и его связи с усилием реза. Когда инструмент или заготовка вибрируют во время резки, в результате на поверхности заготовки возникают волны. Затухание процесса происходит там, где кромка и боковая поверхность режущего инструмента взаимодействуют с этими волнами. Эта интерференция вызывает противофазу силы с вибрационным движением, что имеет демпфирующий эффект.

Кроме того, боковой задний угол γ режущего инструмента оказывает сильное демпфирующее воздействие на процесс резания. Этот эффект объясняется фактическим контактом между заготовкой и затылочной поверхностью инструмента, которая включает в себя режущую кромку инструмента и прилегающую к ней боковую поверхность.

Рассчитав объём контакта заготовки, демпфирующие силы процесса рассчитываются следующим образом:

$$F_{npIN_i} = K_{np} V_{N_i}$$

$$F_{fpIN_i} = \mu_p K_{np} V_{N_i} \quad (5)$$

Как видно на рис. 3в, F_{npIN_i} это сила резания из-за демпфирования процесса, действующего в направлении, нормальном к боковой поверхности, для слоя l и зуба N_i . Между тем, F_{fpIN_i} – это сила трения, действующая в направлении боковой грани. Уравнение (5) ввело две новые переменные: коэффициент нормальной силы демпфирования процесса K_{np} и соответствующий коэффициент трения μ_p .

Кроме того, силы демпфирования процесса можно разложить на составляющие F_{xnt} и F_{ynt} действовать в направлениях x и y соответственно:

$$F_{xnpN_i} = F_{fpIN_i} \cos(\theta_u + \frac{\pi}{2} - \gamma) + F_{npIN_i} \cos(\theta_u + \pi - \gamma)$$

$$F_{ynpN_i} = F_{fpIN_i} \sin(\theta_u + \frac{\pi}{2} - \gamma) + F_{npIN_i} \sin(\theta_u + \pi - \gamma)$$

$$F_{xc} + \sum_{l=1}^{n_t} \sum_{i=1}^{N_t} F_{xnpIN_i}, \quad F_{yc} + \sum_{l=1}^{n_t} \sum_{i=1}^{N_t} F_{ynpIN_i} \quad (6)$$

где N_t – число зубьев на инструменте;

n_t – число осевых слоёв.

Суммарные силы резания. Тогда суммарные силы, действующие на инструмент в глобальном x и y направлениях, определяют следующим образом:

$$F_x = F_{xc} + F_{xp}, \quad F_y = F_{yc} + F_{yp} \quad (7)$$

Затем эти силы передаются в модель динамики обработки, где рассчитывается вибрация системы.

В этой статье была проиллюстрирована формулировка модели Simulink. Силы фрезерования рассчитывают сдвигающие силы резания, пропорциональные толщине стружки, и силы демпфирования процесса, пропорциональные контактной объёму инструмента/заготовки. Процесс резки может стать нелинейным по разным причинам. В некоторых случаях можно наблюдать нелинейную зависимость между силами резания и толщиной стружки. Чрезмерные вибрации могут привести к тому, что инструмент сойдёт с реза, и сила резания станет равной нулю. Преимущество модели во временной области состоит в том, что эти вопросы могут быть непосредственно включены в модель. Тем не менее, линейная модель всё ещё может дать первое приближение к стабильности вибрации. Следует отметить, что разработанные здесь методики в равной степени применимы и к моделям с нелинейными составляющими. Наконец, описывается моделирование динамики системы на примере двух степеней свободы, чтобы показать, как можно смоделировать смещение системы в направлениях x или y .

Библиографический список:

1. Tlustý J. and Smith S. Efficient simulation programs for chatter in milling // CIRP Annals-Manufacturing Technology – 1993. – Vol. 42. Issue. 1. pp. 463-466.
2. Altintas Y., Budak E. Analytical prediction of stability lobes in milling. Annals // CIRP Annals – 1995. – Vol. 44. Issue. 1, pp. 357-362.
3. Eynian M. and Altintas Y. Chatter stability of general turning operations with process damping // J. of Manufacturing Science and Engineering, 2009. – Vol. 131. Issue. 4, pp. 452-464.
4. Cao H., Li B., and He Z. Chatter stability of milling with speed varying dynamics of spindles // International J. of Machine Tools and Manufacture, 2012. – Vol. 52. Issue. 1, pp. 50-58.
5. Ding Y., Zhu L., Zhang X. and Ding H. Numerical integration method for prediction of milling stability // J. of Manufacturing Science and Engineering, 2011. – Vol. 133. Issue. 3, pp. 81-85.
6. Lazoglu Y., Boz and Erdim H. Five-axis milling mechanics for complex free form surfaces // CIRP Annals – Manufacturing Technology, 2011. – Vol.60. Issue. 1, pp. 117-120.
7. Grabowski R., Denkena B. and Köhler J. Prediction of process forces and stability of end mills with complex geometries // Procedia CIRP, 2014. – Vol.14, pp.119-124.
8. Ozkirimli O., Tunc L. and Budak E. Generalized model for dynamics and stability of multi-axis milling with complex tool geometries // J. of Materials Processing Technology, 2016. – Vol. 238, pp. 446-458.
9. Campomanes M., Altintas Y. An Improved Time Domain Simulation for Dynamic Milling at Small Radial Immersions // ASME Journal of Manufacturing and Science and Engineering, 2003. – Vol. 125. Issue. 3, pp. 416-422.
10. Egamberdiev I.P. Spectral analysis of the oscillatory process of support assemblies on drilling machines // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – National Institute of Science Communication and Information Resources. – India, 2018. – Vol. 5. Issue 5, pp. 5958-5962.
11. Egamberdiev I.P., Atakulov L., Muminov R.O., Ashurov Kh.Kh. Research of Vibration Processes of Bearing Units of Mining Equipment // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 2020. – Vol. 9. Issue 5, pp.7789-7793.

ELEKTR MOTORLARNING TEXNIK HOLATINI DIAGNOSTIKA QILISHNING MAVJUD USULLARINI TAHLIL QILISH HAMDA ULARNI RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI



Karshibayev A.I.,
NDKTU Energomexanika fakulteti dekani,
t.f.d., professor



Narzullayev B.Sh.,
NDKTU «Elektr energetikasi» kafedrası dotsenti,
PhD

Ushbu maqolada sa'noat korxonalaridagi elektr texnologik qurilmalarning ishchi mexanizmlarini harakatga keltiruvchi katta quvvatli sinxron motorlarning texnik holatini diagnostika qilishning mavjud usullari taxlil qilingan hamda ularni rivojlantirish istiqbollari ko'rib chiqilgan. Bugungi kunda elektr motorlarning texnik holatini diagnostika qilish usullarini takomillashtirish ularning rivojlantirish istiqbollari uchun tizim ishlab chiqish ayni vaqtda Respublikamiz sanoat va konchilik korxonalaridagi elektr texnologik qurilmalarning ishchi mexanizmlarini harakatga keltiruvchi katta quvvatli sinxron motorlarning ish jarayonida sodir bo'ladigan muammolarning yechimi uchun dolzarb hisoblanadi. Shuningdek elektr motorlarning ishlash sikli davomida ularning o'tkinchi jarayonlari asosida hamda mexanik qismlari bilan bog'liq bo'lgan diagnostika qilish usullari taxlil qilinib, mavjud usullarni rivojlantirish maqsadida bir nechta takliflar berilgan. Natijada elektr motorlarning ish jarayonlarini muntazam ravishda nazorat qilib, texnik holatini keng diapazonda yangi zamonaviy qurilmalardan foydalangan holda diagnostika qilish kerakligi asoslab berilgan.

Tayanch iboralar: elektr motor, sikl, diagnostika, mexanik ko'rsatkich, elektr ko'rsatkich, elektr texnologik qurilma, stator chulg'ami, rotor chulg'ami, quvvat isrofi, podshipnik, po'lat, magnitlanish, chulg'am izolyatsiyasi, vibratsiya, rejim, korpus, stanina.

В данной статье анализируются существующие методы диагностирования технического состояния крупных двигателей, приводящих в действие рабочие механизмы электрооборудования в условиях промышленного производства, и рассматриваются возможности развития. В то же время производство производственных возможностей по обеспечению методов диагностирования технического состояния электродвигателей одновременно вызывает проблемы в процессе работы двигателей большой мощности, изготавливаемых для производственных механизмов электрооборудований в промышленности и горнодобывающей промышленности нашей Республики. Также анализируются несколько методов диагностики, относящихся к механическим деталям, на основе переходных процессов источника рабочего цикла электродвигателей, обоснованных необходимостью регулярного контроля рабочих процессов электродвигателей, диагностики их технического состояния в широкой номенклатуре новой техники.

Ключевые слова: электродвигатель, цикл, диагностика, механический индикатор, электрический индикатор, электротехнологическое устройство, катушка статора, катушка ротора, мощность рассеяния, подшипник, сталь, намагниченность, изоляция катушки, вибрация, режим, корпус, станина.

Hozirgi kunda O'zbekiston Respublikasidagi elektr stansiyalarida ishlab chiqariladigan elektr energiya iste'molining yarmidan ko'pi asinxron va sinxron mashinalarga to'g'ri keladi.

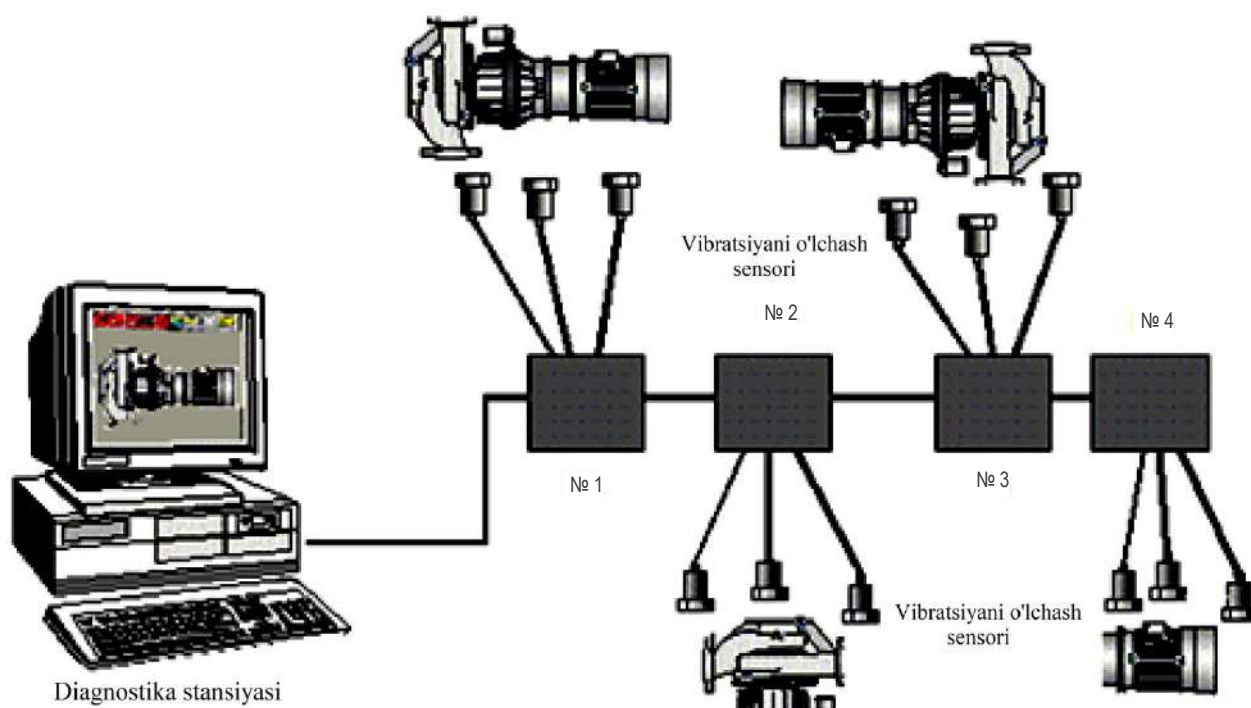
Konchilik va qishloq xo'jaligining turli sohalarda mashina va mexanizmlarni harakatga keltirishda asinxron va sinxron mashinalardan elektr motor sifatida foydalanish keng ko'lamda joriy qilingan [1].

Bugungi kunda, konchilik korxonalaridagi va qishloq xo'jaligi sanoatidagi elektr texnologik qurilmalarning eskirishi texnik qayta jihozlash tezligidan sezilarli darajada oldinda [1].

CHunki elektr motorlarning ishlash bosqichida vaqt o'tishi bilan ish vaqti va atrof-muhitning salbiy ta'siri tufayli detallar yemiriladi, elektr motor qismlarining tabiiy eskirish parametrlari, tarmoq tok va kuchlanishlari o'zgaradi, shu sababli elektr motorlarning ish jarayonlarida ularning elektr va mexanik ko'rsatkichlari bilan bog'liq bir qator nosozliklar vujudga keladi, jumladan podshipniklarning vaqt o'tishi bilan yemirilishi, stator chulg'amlaridagi qisqa tutashuv holatlari, iste'mol qilinadigan tok va kuchlanishning me'yoriy qiymatdan ortib ketishi va boshqalar [1]. Yuqorida aytib o'tilgan omillar sababli elektr motorlarning nosoz holatga kelishning yillik ko'rsatkichi 25% ni tashkil qiladi [1].

Elektr motorlarning ishlamay qolishi texnologik jarayonlarning buzilishiga, mahsulot ishlab chiqarish vaqtlarining kamayishiga, rejadan tashqari ta'mirlash va texnologik muammolar bilan bog'liq xarajatlarni oshishiga olib keladi [2]. Bundan tashqari, elektr motorlarni qayta ta'mirlash ko'p vaqt va mablag' talab qiladi. Shunday ekan, elektr motorlarning elektr, mexanik va issiqlik parametrlari bilan bog'liq bo'lgan muammolarning yechimini topishda ularning texnik holatini muntazam ravishda diagnostika qilish maqsadga muvofiqdir. Elektr motorlarning texnik holatlarini diagnostik tahlil va nazorat qilishdan maqsad elektr motorlarning ishlash jarayonida kelib chiqadigan nuqsonlarni erta aniqlash, ularning rejadan oldin ta'mirga kelishini oldini olish, texnologik jarayonlarning buzilishini oldini olish hamda ularning ishlash jarayonida elektr, mexanik va issiqlik ko'rsatkichlarini belgilangan chegaralarda saqlash, resurslarni tejash va ulardan to'liq foydalanish uchun holatni bashorat qilishdir [3]. Bugungi kunda elektr motorlarning texnik holatini diagnostika qilishning turli usullarini ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish faol davom etmoqda.

Elektr motorlarini diagnostika qilish tizimlari va usullarini ikkita asosiy guruhga bo'lish mumkin. Birinchi guruh o'rganilayotgan ob'ektga ta'sir qiluvchi sun'iy buzilishlarni shakllantirishni talab qiluvchi



1-rasm. Statsionar monitoring tizimining tuzilishi va tebranish diyagnostikasi

diyagnostika usullarini o'z ichiga oladi: qarshilikni o'lchash, iste'mol qilinadigan tok qiymati, chulg'am o'ramlarining ichki qarshiliklari, chulg'amlarning dielektrik xususiyatlarini yo'qolishi va boshqalar [4].

Ikkinchi guruhga elektr jihozlari uchun ishlatiladigan operativ diyagnostika usullari kiradi, bu esa ish paytida tabiiy buzilishlar manbai hisoblanadi [5].

Har bir guruh, o'z navbatida, ikkita boshqa guruhga bo'linadi - bu elektr jihozlarining noto'g'ri ishlashini aniqlashga imkon beradigan usullar va ma'lum bir nosozlik yoki nuqsonni aniqlaydigan usullardir [5].

Olimlar olib borgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, diyagnostika vositalarini joriy etish sanoatda uskunalaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligini oshirishning eng muhim omillaridan biridir [2].

Hozirgi vaqtda elektr motorlarning texnik holatini diyagnostika qilishning quyidagi usullari mavjud:

Elektr motorning rotor tebranishlarini tahlil qilish asosidagi diyagnostika (vebradiyagnostika).

Elektr motorlarining texnik holatini diyagnostik tahlil qilishda vibrodiyagnostika usullari eng keng tarqalgan [6]. Vibrodiyagnostika usullarining mohiyati elektr motorlarining turli xil nuqtalarining tebranish parametrlarini tahlil qilishdan iboratdir [6]. Tebranish diyagnostikasi elektr motorlarning texnik holatini diyagnostika qilishning eng keng tarqalgan usuli bo'lib, tebranish parametrlarini harakatini nazorat va tahlil qilish asosida ishlaydi hamda bu umuman motorning texnik holatini kuzatishning buzilmaydigan usuli yoki qurilmaning ishlashi paytida paydo bo'ladigan akustik signallarga muvofiq amalga oshiriladi [7].

Tebranish diyagnostikasi yordamida elektr motorning rotordagi tebranish signalini vaqt (oscillogram) va chastota zonasida (spektrda) o'rganish mumkin. Eng ko'p ishlatiladigan tebranish datchiklari piezoakselerometrler (tebranish o'tkazgichlari) hisoblanadi. 1-rasmida elektr motorlarning ish rejimlarini doimiy ravishda kuzatib boradigan statsionar monitoring va diyagnostika tizimining tipik tuzilishi ko'rsatilgan. Vibratsiyali diyagnostika tizimi ma'lum mashinalar uchun maksimal darajada ixtisoslashgan bo'lishi kerak va uskunalar, nafaqat chiqarish imkoniyatiga ega bo'lish aniq tashxis qo'yish, mashinalarning texnik holatidagi o'zgarishlarni bashorat qilish, shuningdek, tavsiyalar berish

texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlashning turi va vaqtiga ko'ra, optimalni hisoblash hamda elektr motorlarning keying diyagnostik tekshiruvlar vaqtini aniqlaydi.

Statsionar monitoring va diyagnostika tizimlari doimiy yuk va aylanish tezligiga ega bo'lgan bir xil turdagi elektr drayvlar – fan, kompressor va ayniqsa, nasos stantsiyalari uchun eng samarali hisoblanadi. Usulning mohiyati elektromagnit sensorning motorning yonida joylashishiga asoslangan bo'lib, bu esa uni tuzatishga imkon beradi motor atrofida ishlab chiqarilgan tashqi magnit maydon, uning ishlashi davomida va asinxron motor magnit bo'shlig'idagi multiplikativ maydonning aksadosini ifodalaydi [2].

Sensordan olingan signal raqamlashtiriladi va shaxsiy kompyuterga uzatiladi hamda grafik ko'rinishda bosh kompyuter ekranida tasvirlanadi (2-rasm).

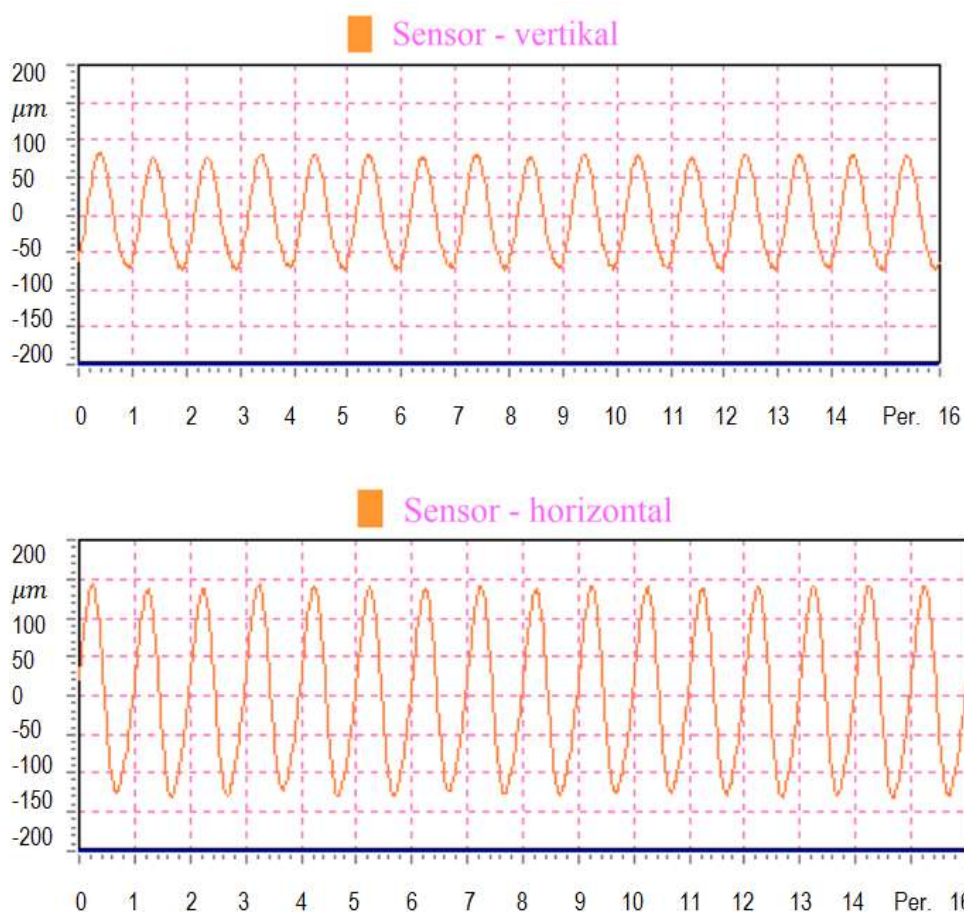
Bundan tashqari, olingan signalning spektral tahlillari amalga oshiriladi va olingan rasmning ma'lum xususiyatlariga ko'ra, yuzaga kelgan nosozlik aniqlanadi [5]. Biroq, vibrodiyagnostikaning asosiy kamchiliklari: maxsus vibroakustik datchiklardan foydalanish zarurligi, ularni o'rnatishning murakkabligi va natijalarni interpretatsiya qilishning murakkabligidir.

Mashinaning alohida elementlari haroratini o'lchash va tahlil qilish asosida.

Elektr motorlarni harorat asosida texnik holatini diyagnostika qilishning ikkita usuli mavjud: alohida dvigatel komponentlarining haroratni nazorat qilish va termal tasvirini boshqarish.

Elektr mashinalarining termal tasvirini boshqarish elektr jihozlarining kamchiliklarini aniqlashning termal tasviridan foydalanishga asoslangan. Hozirgi vaqtda sanoat asbob-uskunalarining texnik holatini nazorat qilish uchun ko'pincha haroratni o'lchash asboblari, masalan, issiqlik tasvir-agichlari, infraqizil kameralar, pirometrlar va boshqalar qo'llaniladi. Ko'p hollarda bunday qurilmalar barcha kerakli tugunlarni kuzatish imkonini beradi.

Pirometrlar ob'ektning muayyan nuqtalarida haroratni aniqlaydi, termal tasvirlar va infraqizil kameralar esa ob'ektning harorat taqsimoti haqida to'liq tasavvur beradi. Termografiya uchun haroratni o'lchash



2 – rasm. Sensordan olingan raqamli signalning grafik ko'rinishi

diapazoni taxminan -50°C gacha 2000°C dan yuqori markaziy diagnostika stantsiyasidan iborat. Signalni raqamli shaklga o'tkazish uchun o'rnatilgan platalarga ega kompyuter va nazorat qilish, signallarni tahlil qilish, monitoring qilish uchun dasturiy ta'minot paketlari va diagnostika, uskunaning holatini ko'rsatish, shuningdek, tashqi kuchaytirish va kommutatsiya bloklari, tebranish va rotor tezligi sensorlari mavjud [7].

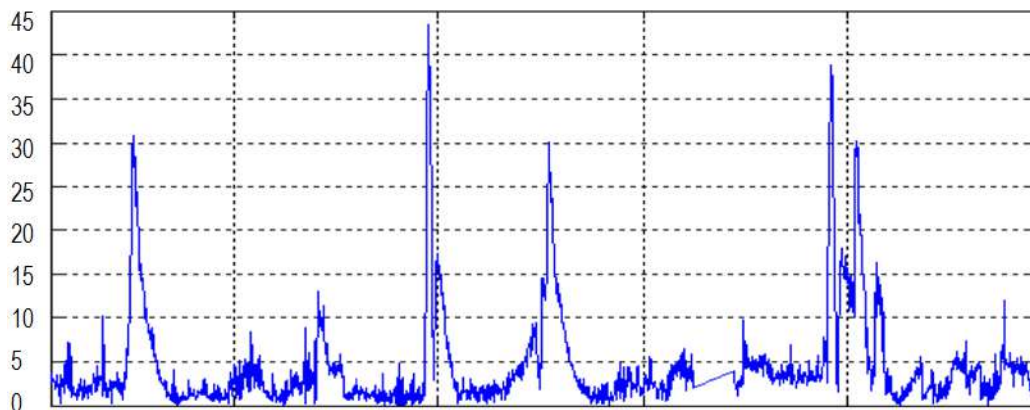
Kuchli elektromagnit maydonlarga operator stator teshigida yoki frontal qismlar yuzasida termal maydonning batafsil tasviri bilan termogrammalarni olish uchun qabul qilgichni elektr motordan qulay masofada joylashtirishi kerak.

3-rasmda elektr motorning termografiyasi keltirilgan.

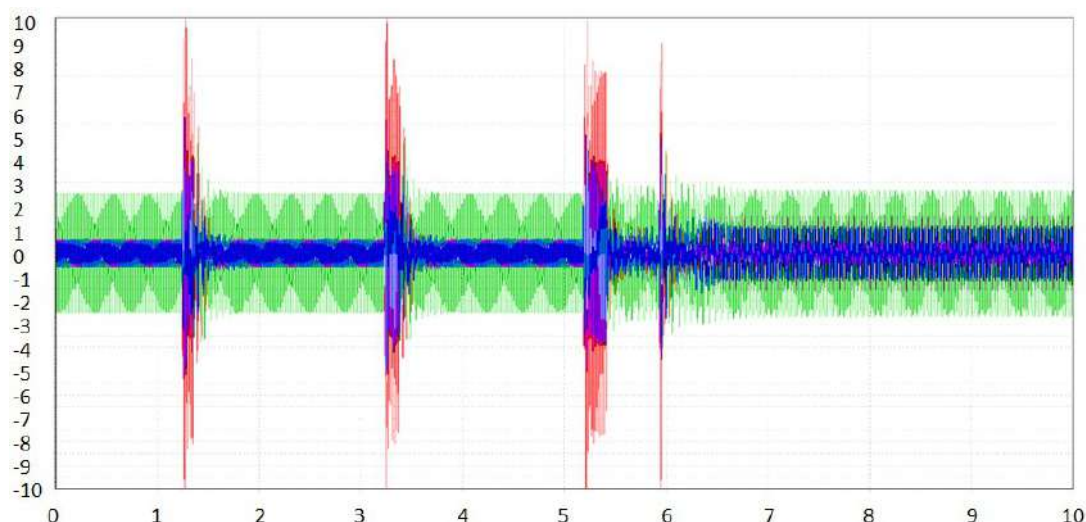
Termal tasvirlash qurilmasi yordamida termal ko'rish so'rovining afzalligi – bu tortishish uskunalar masofadan turib, uning ish sharoitida, ish yuklari ostida amalga oshiriladi. Ushbu diagnostika usulining kamchiliklari:

- termal jarayonlarning yuqori inertsiyasi;
- nuqsonlarni aniqlash uchun ishlab chiqilgan usullarning etishmasligi.

Shuni ham ta'kidlash kerakki, termal tasvir asosan yuqori kuchlanishli elektr yoy pechlarida qo'llaniladi.



3 – rasm. Elektr motor termografiyasi



4 – rasm. Elektr motorning iste'mol qiladigan tokning spektral tahlilini grafik ko'rinishi

Elektr motorning iste'mol qiladigan elektr tokini spektral taxlili asosida diagnostika qilish.

So'nggi paytlarda iste'mol qilinadigan tok nazorati asosida elektr motorlarning holatini diagnostika qilish usullari keng tarqalib, natijada olingan signalning maxsus spektral tahlilini amalga oshirish davom etmoqda [6].

Bu yuqori darajadagi ishonchlilik bilan turli elektr motor elementlarining holatini aniqlash imkonini beradi. Elektr motorning ma'lum bir qiymatdagi xarakterli chastotalarning tok spektrida mavjudligi elektr motorining elektr va mexanik qismiga zarar yetkazilganligini ko'rsatadi (4-rasm).

Bundan tashqari, statoridagi iste'mol qilinadigan tok choklarning sinishi, noto'g'ri taqsimlanishi, statik yoki dinamik, stator chulg'amlarining o'zaro qisqa tutashuvi haqidagi ma'lumotlarni, podshipniklarni mexanik

shikastlanishini tok spektri bilan aniqlash mumkin. Biroq, elektr motor tokining spektral tahlilining kamchiliklari olingan natijalarni baholashning murakkabligi hisoblanadi.

Shuni xulosa qilib aytish joizki, yuqorida elektr motorlarning texnik holatini diagnostika qilish usullarini tahliliy natijalariga ko'ra har bir mavjud usul o'zining kamchiliklariga ega, qolaversa mazkur usullar asosida elektr motorlarning texnik holatini rivojlantirish istiqboliga qo'shadigan hissasi kam hamda har bir usulni ishlab chiqarish amaliyoti-ga qo'llash uchun alohida qurilma zarur, shu sababli elektr motorlarning ish rejimlarini doimiy ravishda nazorat qilish asosida hamda ularning energo-mexanik ko'rsatkichlarini inobatga olgan holda elektr motorlarning texnik holatini keng diapazonda kompleks ko'rinishda diagnostika qilish uchun yangi zamonaviy usullar va qurilmalarni ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

Bibliografik ro'yxat:

1. Sidelnikov L.G., Afanasev D.O. Ish paytida asenkron dvigatellarning texnik holatini kuzatish usullarini ko'rib chiqish. Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe delo. – Rossiya – Perm, 2013. – № 7. 127-136 betlar.
2. Barkov A.V., Borisov V.V., Barkova N.A., Fedoreshev V.V., Grishenko D.V. Elektr haydovchi mexanizmlarni joriy iste'mol bo'yicha diagnostika qilish usuli. NOU «Severo-Zapadnyy uchebnyy tsentr». – Sankt-Peterburg: OOO «Vibrotexnika», 2012. 68-76 betlar.
3. Baburin S.V., Jukovskiy V.L., Korjev A.A., Krivenko A.V. Tog'-kon mashinalarining elektr yuritmalarning texnik holatini buzmasdan sinash va diagnostika qilishning zamonaviy usullari. – Sankt-Peterburg, 2009. 163-167 betlar.
4. Tonkix V.G. Qishloq xo'jaligida asenkron dvigatellarni tashqi magnit maydonini tahlil qilish asosida diagnostika qilish usuli. – Barnaul, 2009. 181-184 betlar.
5. Petuxov V. Elektr dvigatellari holatini diagnostikasi. Iste'mol qilinadigan tokni spektral tahlil qilish usuli // Novosti Elektrotexniki. – Moskva, 2005. – № 1 (31). 23-28 betlar.
6. Narzullayev B.Sh. Asinxron motorlarning energo-mexanik ko'rsatkichlarini monitoring asosida texnik holatini diagnostika qilishi // Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi. – Toshkent, 2022. 52-61 betlar.
7. Qarshibaev A.I., Narzullaev B. Sh., Diagnostics of the Technical Condition of Energy Devices based on the Monitoring of Phase Voltages and Currents // Journal of Pharmaceutical Negative Results. – Volume 13. Special Issue 8. – India, 2022, pp. 2455-2460.

HAVO ELEKTR UZATISH LINIYALARINING KLASSIFIKATSIYALARI BO'YICHA TIZIMLI TAHLIL O'TKAZISH



Tovboyev A.N.,
NDKTU «Elektr energetikasi»
kafedrası dotsenti, t.f.n



Tog'ayev I.B.,
NDKTU «Elektr energetikasi»
kafedrası assistenti

Havo elektr uzatish liniyasi – bu elektr energiyasini uzatish uchun mo'ljallangan o'tkazgichlar, tayanchlar va liniya armaturalari bilan ta'minlangan tizim. Elektr uzatish liniyalari energiya tizimlarida birlashtiruvchi element hisoblanadi. Bunda stansiya va podstansiyalarni, energiya ishlab chiqaruvchilarni iste'molchilar bilan bog'lovchi elementlar to'plamini tashkil etadi. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda yo'qotishlarni kamaytirish uchun o'tkazgichlardagi elektr energiyasi yo'qotishlarini tok kuchining yuqoriligi va kuchlanish pasayib ketganligi bilan bog'lanadi. Yillar davomida turli xil kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida ularning klassifikatsiyasi bo'yicha aktiv, reaktiv quvvat va kuchlanish isroflari o'rganilib tahlil qilib kelinmoqda.

***Tayanch iboralar:** elektr energiyasining ortib borish dinamikasi, elektr energiyasining isrofi, statistika, tahlil o'tkazish, iqtisodiy o'sish, reaktiv quvvat isroflari, elektr taqsimlash tarmog'i, elektr uzatish liniyalari, kuch transformatorlari, elektr energiyasi sifati, klassifikatsiya, kuchlanishning tebranishi, aktiv quvvat va to'la quvvat isrofi.*

Воздушная линия электропередачи представляет собой систему, снабженную проводниками, опорами и линейной арматурой, предназначенную для передачи электрической энергии. Линии электропередачи являются связующим звеном в энергетических системах, например, станций и подстанций, производителей и потребителей энергии. С целью снижения потерь при передаче электроэнергии на большие расстояния потери электроэнергии в проводниках связывают с большим током и падением напряжения. По годам учитывают потери активной и реактивной мощности в линиях электропередачи разного напряжения по данным к их классификации.

***Ключевые слова:** динамика роста электроэнергии, потери электроэнергии, статистика, анализ, экономический рост, потери реактивной мощности, распределительная сеть, линии электропередачи, силовые трансформаторы, качество электроэнергии, классификация, колебания напряжения, активная мощность и полная потеря мощности.*

Elektr energiyasi yo'qotishlari bo'yicha statistik ma'lumotlarni o'rganish va umumlashtirish hamda ijobiy va salbiy tahlillashtirishni aniqlash va tavsiflash, havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish yo'qotishlarini kamaytirish bo'yicha yangicha takliflar ishlab chiqilmoqda. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda o'tkazgichlardagi kuchlanishning yo'qolishi tok kuchiga bog'liq bo'lganligi sababli tok kuchini kamaytirish maqsadida transformatorlar yordamida kuchlanish ko'p marta oshiriladi va taqsimlovchi elektr tarmoqlarida aktiv va reaktiv quvvat isroflarini optimallashtirishning maqsadga muvofiqligini baholanadi. Reaktiv quvvat yo'qotishlari tarmoq elementlarining joriy yuklanishining oshishiga olib keladi va natijada aktiv quvvat yo'qotishlari, elektr uzatish liniyalarida va umuman tarmoqdagi kuchlanish yo'qotishlarining ortishi bilan xarakterlanadi. Elektr ta'minoti tizimi yondashuvining asosiy qoidalariga asoslanib, elektr tarmog'i quyidagi quyi tizimlarga bo'linishi kerak: nominal kuchlanish sinflari bo'yicha, konfiguratsiyasi bo'yicha, loyihalashtirish bo'yicha va boshqalar. Elektr ta'minoti tizimini statistik tahlil qilish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

- tanlangan quyi tizimlarda nominal kuchlanish sinflari bo'yicha, tugunlarda kuchlanishning og'ishi va uning tahlili ruxsat etilgan parametrlarga muvofiqligi uchun amalga oshirildi, kuchlanish og'ishi kuzatiladigan tugunlarda aniqlandi va uning qiymati reaktiv quvvat yo'qotishlari nuqtai nazaridan tahlil qilindi:

- elektr tarmog'ining konfiguratsiyasi bilan aniqlangan quyi tizimlarda elektr tarmog'i sxemasining yo'qotishlar darajasiga ta'sirini baholash amalga oshirildi.

- elektr uzatish liniyalari (EUL) loyihasi bo'yicha bo'lingan quyi tizimlarda yo'qotishlar miqdoriga liniya qarshiliklarining ta'sir doirasi aniqlandi va qiyosiy tahlil qilindi [1].

Reaktiv quvvatning texnik yo'qotishlari va tarmoq orqali uzatiladigan elektr energiyasining nisbati va dinamikasi reaktiv energiyani hisobga olishning ishonchligini baholashga imkon berdi. Agar quvvatning texnik yo'qotishlarini tarmoq orqali uzatiladigan reaktiv quvvat bilan bog'laydigan bo'lsak, u holda iqtisodiy hisoblashlarning ishonchligini ko'rib chiqish imkonini beradi [2]. 35 kV va 110 kV kuchlanishli tarmoqlardagi elektr energiyasi reaktiv va aktiv quvvatning texnik yo'qotishlarining mavjud holatlari *1-rasmda* ko'rsatilgan.

So'nggi yillar ichida kuch transformatorlarida yuklamasiz yo'qotishlarning barqaror o'sishi kuzatilmoqda, bu reaktiv quvvat yuklanishining kamayishini ko'rsatadi, chunki ulangan iste'molchilar soni o'zgarmagan va aktiv quvvat ahamiyatsiz chegaralarda o'zgarib turadi. Havo elektr uzatish liniyalari va kuch transformatorlarda asosan aktiv va reaktiv quvvat isroflarini hisoblashlarda umumiy aktiv quvvat, reaktiv quvvat va nominal kuchlanishlar mavjud ekanligi *2-rasmda* ko'rsatilgan. Bu holatda yillar davomida havo elektr uzatish liniyalari va kuch transformatorlarda turli ko'rinishlarda o'zgarib bormoqda [3].

Elektr energiyasini va quvvatni yetkazib berish paytida elektr tarmoqlarining har bir elementida isroflar sodir beradi. Tarmoqning turli xil elementlaridagi isroflarning tarkibiy qismlarini o'rganish va isroflarni kamaytirishga qaratilgan u yoki bu chora-tadbirlarga ehtiyojni baholash uchun elektr energiyasi va quvvat isroflarini tuzilishi tahlil qilindi [4].

Elektr energiyasi va quvvat isrofi standarti tushunchasini berishdan oldin, lug'atlar tomonidan berilgan «standart» atamasi aniqlanishi kerak. Standartlar korxonalarining iqtisodiy faoliyatini rejalashtirish va boshqarishda ishlatiladigan moddiy resurslarning sarf-xarajatlarning hisob-kitob qiymatlarini anglatadi. Standartlar ilmiy jihatdan asoslangan, progressiv va dinamik bo'lishi kerak, ya'ni ishlab chiqarishda tashkiliy va texnik o'zgarishlar sifatida muntazam ravishda qayta ko'rib chiqilishi

kerak. Yuqorida aytib o'tilganidek, moddiy resurslar uchun lug'atlarda keng tarqalgan bo'lsa-da, u elektr energiyasi va quvvat isroflarini normallashtirishga qo'yiladigan talablarni to'liq aks ettiradi.

Normalizatsiyalash – bu rejalashtirilgan davrda ularning haqiqiy tuzilishining har bir tarkibiy qismini kamaytirish imkoniyatlarini tahlil qilib, qiymati zararlarni hisoblash asosida aniqlanadigan iqtisodiy mezonlarga muvofiq isroflarning maqbul (normal) darajasini (zarar darajasi) ko'rib chiqiladigan davr uchun belgilash tartibi. Hisobotdagi isroflar standarti deb, har biri mustaqil xususiyatga ega bo'lgan va natijada, ko'rib chiqilayotgan davr uchun uning maqbul (normal) darajasini aniqlashga individual yondashuvni talab qiladigan uslublarni ko'rishimiz mumkin [5].

Elektr tarmoqlarining funksional effektivligi va iqtisodiylikining asosiy ko'rsatkichlaridan biri, elektr jixozlari va qurilmalarining texnik tarkibi va ishlatilishida elektr energiyasi bilan bog'liq yo'qotilishidan iboratdir. Turli ko'rinishdagi operatsion jarayonlarga va elektr tarmoqlariga doimiy ravishda aktiv elektr energiyasini yetkazib berilmasligi ortiqcha elektr energiyasini yo'qotilishiga olib keladi. Havo elektr uzatish liniyalari bo'yicha iste'molchilarga uzatiladigan aktiv, reaktiv, va to'la quvvatlarining miqdori asosan iste'molchilarning umumiy foydalanadigan quvvatlar bilan ekvivalent qiymatda bo'lishi kerak. Bu holatda tarmoq elementlaridagi kuchlanish isroflarining umumiy ko'rinishi 5% dan oshmasligi kerak. Quvvatlar isrofi asosan iste'molchilarga uzatiladigan mavjud holatdagi aktiv va reaktiv quvvatlar hamda nominal kuchlanishga, o'tkazgichlarning uzunligi bo'yicha aktiv va reaktiv qarshiliklariga bog'liq holatda bo'ladi. Hozirgi vaqtda quvvat va energiya isroflarini kamaytirish bo'yicha texnik, tashkiliy va iqtisodiy chora-tadbirlar ishlab chiqarilmog'uda. Buning natijasida esa statistik tahlil olib borildi [6].

Statistik tahlil quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1. Texnik yo'qotishlarni elektr energiyasini tarmoqqa uzluksiz yetkazib berishdagi nisbati nominal kuchlanish sinflari bilan belgilanadi.
2. Elektr uzatish liniyalariidagi reaktiv isroflar nisbati tahlil qilinadi.
3. Yuklanish dinamikasi va shartli doimiy yo'qotishlar o'rganiladi.
4. Reaktiv quvvat koeffitsientlari va kuch transformatorining yuklanish omillari tahlil qilinadi.
5. Elektr energiyasini yo'qotish manbalari va sabablari aniqlanadi.

Reaktiv yo'qotishlarni tarkibiy tahlil qilish uchun taklif qilingan metodologiyaning sharxi elektron rejim holatini tahlil qilishda ishlatilgan misolda keltirilgan. Elektr ta'minotidan texnik yo'qotishlar nisbati dinamikasi yo'qotishlarni kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlarning samaradorligini baholash uchun zarurdir. Bu nominal kuchlanishning har bir sinfi uchun aniqlanish kerak.

Havo elektr uzatish liniyalarida uzoq masofaga elektr kuchlanish uzatilganligi sababli ularda aktiv va reaktiv quvvat isroflari mavjud bo'ladi. Bu isroflarni quyidagi formulalar bilan aniqlanadi [7].

Liniyadagi aktiv quvvat isrofi:

$$\Delta P = 3I^2 R = 3 \left(\frac{P^2}{3U^2} + \frac{Q^2}{3U^2} \right) R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{S^2}{U^2} R \quad (1)$$

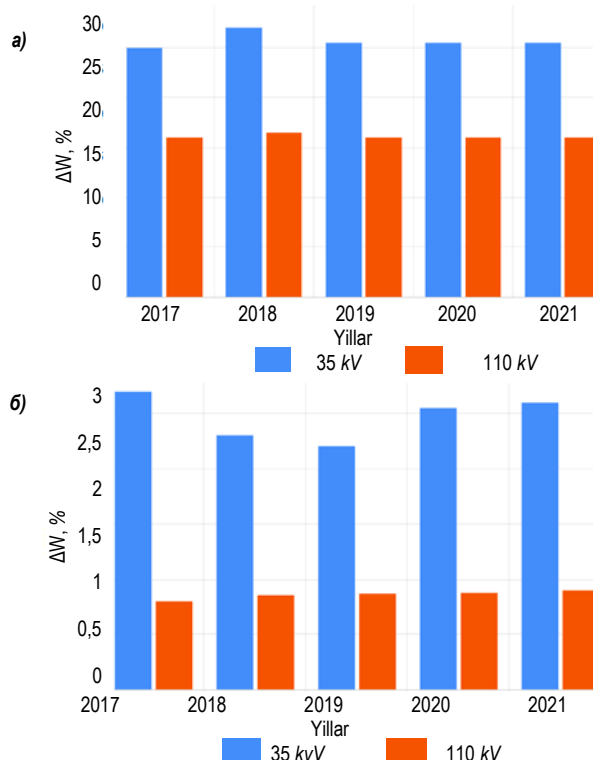
Liniyadagi reaktiv quvvat isrofi:

$$\Delta Q = 3I^2 X = 3 \left(\frac{P^2}{3U^2} + \frac{Q^2}{3U^2} \right) X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X = \frac{S^2}{U^2} X \quad (2)$$

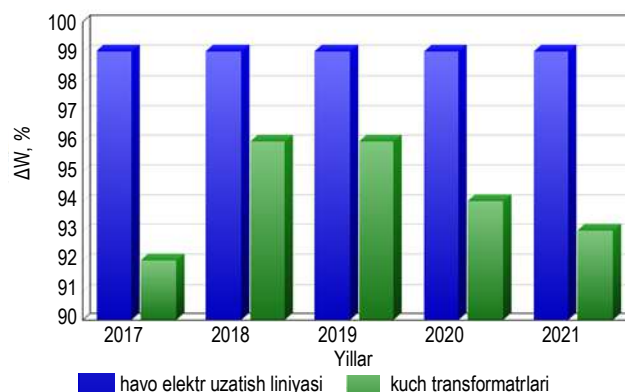
Bunda 1 va 2 ifodalarda elektr uzatish liniyasining aktiv hamda reaktiv quvvat ko'rsatkichlari va ayni vaqtdagi uzatiladigan nominal kuchlanish qiymatlari ham mavjud bo'ladi [8].

Hozirgi kundagi mavjud elektr tarmoqlarida ya'ni yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalaridagi mavjud kuchlanishlardagi umumiy isroflarni quyidagi (3-rasm) orqali quyidagi holatda ko'rishimiz mumkin.

Elektr tarmoqlari elementlaridagi yuqori kuchlanishli tarmoqlardagi isroflar nisbatan past kuchlanishli elektr uzatish tarmoqlaridagi isroflarga qaraganda kamligi bilan e'tiborga loyiq. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzalari birqancha kattaroq bo'lganligi bois ulardagi isroflar yuqori ko'rsatkichga ega. Elektr tarmoqdagi elektr energiya isroflarni kamaytirish tadbirlarini quyidagi



1-rasm. Yillar bo'yicha elektr energiyasini yetkazib berishda quvvatlarining texnik yo'qotishlar nisbati: a – aktiv quvvat isroflari; b – reaktiv quvvat isroflari



2-rasm. Kuch transformatori va havo elektr uzatish liniyasi orqali yuborilayotgan reaktiv quvvatning 35 kV kuchlanishli tarmoqdagi texnik yo'qotishlarining ko'rinishi

guruhlarga bo'lish mumkin: 1) elektr tarmoqlarining uzunligi va ishlash vaqtini oshirish orqali iste'molchilar yuklamalarini doimiy ravishda nazorat qilish. Bu holatda elektr tarmoqlarning ish xususiyatlari va samaradorlik ko'rsatkichlari mavjud kapital mablag'larga bog'liq ekanligini o'rganish; 2) elektr tarmoq elementlarining ishchi holatini nazorat qilish, va o'z vaqtida rejali ta'mirlash ishlarini olib borish; 3) iste'molchilar ish rejimlarini bevosita kondensator batareyalari orqali boshqarish.

Bunday hollarda kondensator batareyalarini o'rnatish joyi tarmoqning 0,4 kV kuchlanishli qismida bo'lishi lozim. Bunda kabellar kesim yuzasi va taqsimlovchi tarmoqda elektr energiya isrofi kamayadi [9]. Elektr tarmoqlari ish tartibining analizi deganda mavjud elektr tarmoqlar va transformatorlarning ish rejimlarini analiz qilish va havo elektr uzatish liniyalaridagi quvvat va elektr energiyasi isroflari taxlildan o'tkazildi. Havo elektr uzatish liniyalarida quvvatlar (aktiv va reaktiv) ning mavjud parametrlari bilan tanishib matematik jihatdan asoslab berildi.

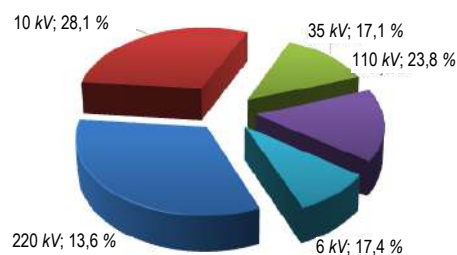
Iste'molchilarga transformatorlar orqali uzatiladigan elektr energiyasining normativ, texnik va umumiy isroflarning ko'rinishi

Nim-stansiya	2022-yil, oktyabr-noyabr							
	Tarmoqqa yuborilgan elektr energiyasi, kvt·soat	Foydali ishlatilgan elektr energiyasi, kvt·soat	6-10 kV da normativ isrof		6-10 kV da texnik isroflar		Umumiy Isroflar kv·soat	
			kvt·soat	%	kvt·soat	kvt·soat	%	kvt·soat
N ₁	7717091	6200564	379671	4,92	174271	2	1516527	19,65
N ₂	880352	743931	65032	7,39	33718	3	136421	15,50
N ₃	598334	487127	64028	10,70	14018	2	111207	18,59
N ₄	1230344	1057939	83676	6,80	40290	3	172405	14,01
N ₅	1915153	1688247	118141	6,17	55253	2	226906	11,85
Umumiy	16457458	13643955	979199	5,95	422914	2	281350	17,10

Quvvat va energiya isroflarining tarkibiy tahlilining statistik uslubini ishlab chiqildi. Reaktiv va aktiv quvvat isrofini kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni maqsadga muvofiqligi va ularni amalga oshirishni ko'rib chiqilib, elektr uzatish tarmoqlariga ta'sirini kamaytirishdan iborat [10].

Turli xildagi kuchlanishlarning qiymatlari bo'yicha mavjud isroflarni aniqlash hamda ulardagi transformator nimstansiyasidan iste'molchisigacha bo'lgan masofada hamda ulardagi isroflar bo'yicha tegishli tarzda tizimli tahlil olib borildi. Bunda tahlillash natijasi shuni ko'rsatdiki nisbatan kuchlanishi past bo'lgan elektr uzatish liniyalarida isroflarning oylik, yillik va kunlik isroflari birmuncha yuqori ekanligi asoslanadi [11].

Nimstansiyalardan transformatorlar orqali uzatiladigan elektr energiyasining isroflarini yilning turli xil yilning faslarida ko'rishimiz mumkin. 6-10 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida isroflarning normativ va texnik ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan. Ba'zi bir nimstansiyalarda aktiv quvvat yo'qolishini 16,8% gacha reaktiv quvvat yo'qolishini 20% gacha kamaytirish mumkin. Reaktiv quvvat yuqotilishini minimallashtirish aktiv energiyaning narxi bilan bog'liq operatsion xarajatlarni kamaytirishi mumkin. Masalan faqat ko'rib chiqilgan 5 ta nimstansiya uchun chora-tadbirlarning qabul qilinishi aktiv quvvatning ortiqcha yuqotilishlarini kamaytirishga imkon beradi. Agar biz umuman elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatning yuqotilishini kamaytirishning tizimli samarasini va kompleks ta'simi aniqlasak, u ancha yuqori darajada bo'ladi. Har bir komponentning ko'rsatkichi uning haqiqiy darajasini hisoblash va uni kamaytirish uchun aniqlangan zaxiralarni amalga oshirish imkoniyatlarini tahlil qilish asosida aniqlanishi kerak, agar bugungi haqiqiy isroflardan ularni to'liq qisqartirish uchun mavjud bo'lgan barcha zaxiralarni olib tashlasak, natijani mavjud tarmoq yuklanishlari va mavjud uskunalarni narxlariga bo'yicha optimal isrof deb atash mumkin. Optimal isroflar darajasi yildan-yilga o'zgarib boradi, chunki tarmoq yuklanishlari va uskunalarni narxi o'zgarishiga bog'liqligi sababli sodir bo'ladi. Agar zararlarni standart barcha iqtisodiy jihatdan amalga oshiriladigan chora-tadbirlarni amalga oshirish samarasini hisobga olgan holda tarmoqning istiqbolli yuklanishi bilan (taxmin qilingan yil uchun) aniqlansa, uni istiqbolli standart deb atash mumkin. Ma'lumotlarni bosqichma-bosqich takomillashtirilishi tufayli istiqbolli standart ham vaqti-vaqti bilan qayta ko'rib chiqilishi kerak. Xulosa shundan iboratki, mavjud isroflarni kamaytirishning iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo'lgan barcha tadbirlarni amalga



3-rasm. Tarmoq elementlari uchun turli kuchlanishlardagi isroflarning diagrammasi

o'zgarish ma'lum bir vaqtni talab qiladi. Shu sababli, kelgusi yil uchun zararlarni me'yori belgilashda, ushbu davrda amalda oshirilishi mumkin bo'lgan tadbirlarning samarasini hisobga olish kerak. Ushbu standart amaldagi standart deb nomlanadi. Isrof darajasi tarmoq yuklamasining o'ziga xos qiymatlarida aniqlandi. Rejalashtirish davridan oldin ushbu yuklamalar taxil hisob-kitoblari asosida aniqlandi. 0,4 kV, 6-10 kV, 35 kV hamda 110 kV, kuchlanishli tarmoqlardan quvvat oladigan uchta toifadagi iste'molchilar uchun ta'riflar differensial ravishda belgilanishi sababli, isroflarning umumiy standarti bir nechta tarkibiy qismga bo'lindi.

Ushbu bo'linish har bir toifadagi iste'molchilarning har xil kuchlanish sinflari tarmoqlaridan foydalanish darajasini hisobga olgan holda amalga oshirilishi kerak. Ta'rifga kiritilgan vaqtincha yo'l qo'yiladigan tijorat isroflari iste'molchilarning barcha toifalari o'rtasida teng ravishda taqsimlandi.

Bibliografik ro'yxat:

- Rijov Yu.P. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari: Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. – M.: «MEI» nashriyot uyi, 2019 y. – 138 bet.
- Levchenko I.I., Zasiqin A.S., Alliluyev A.A., Sasuku Ye.I. Muzli tumanlarda havo elektr uzatish liniyalarining ekspluatatsiyasi, ta'mirlanishi va monitoringi. o'quv qo'llanma. – M.: «MEI» nashriyot uyi, 2007 y. – 448 bet.
- Ibodullayev M.I., Tovboyev A.N., Yesenbekov A.K., Nazarov A.I. Avtoparametrik tebranishlarni tahlil qilishda chastota-energiya munosabatlari // O'zbekiston Konchilik xabarnomasi. – Navoiy, 2017. – № 2. 165-167 betlar.
- Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. Uch fazali ferromagnit elementlarga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda subgarmonik tebranishlarning harakat tenglamasi. Ilim-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. – Hindiston, IJARSET jildiga mualliflik huquqi. 6, 10-son, 2019 yil oktyabr, 11207-11210 betlar.
- Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B., Nodirov G.Y. Statistical analysis of power waste in 6-10 kV tension overhead electrical transmission lines // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. – Vol. 9. – Issue 11, November 2022. – India, pp. 2-7.
- Savina N.V., Myasoedov Yu.V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo'qotish bo'yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik, 2012. № 1 (60). 142-148 betlar.
- Mavlonov J.A., Mardonov D.Sh. Rudani yanchuvchi tegirmonlarni elektr energiya samaradorligini oshirish usullari // Konchilik xabarnomasi. Ilimiy texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy, 2022. № 3. 102-104 betlar.
- Tovboyev A.N., Baynazarov G.G., Jumayev Z.I. Bo'lingan ferromagnit elementga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda uchinchi darajali subgarmonik tebranishlarni tahlil qilish. Ilim-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. – Hindiston, IJARSET mualliflik huquqi. Jild. 6, 12-son, 2019 yil dekabr. 12229-12233 betlar.
- Tovboyev A.N., Ibadullayev M.I., Murodov H.Sh., Narzullayev B.Sh. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoq va tizimlarida subgarmonik ferrezonans. Uzbekiston konchilik xabarnomasi. – Navoiy 2020. № 4 (83). 110-113 betlar.
- Tog'ayev I.B., Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines. // Problems and scientific solutions. – Vol. 6. – Issue 4. – Australia: Melbourne, 2022, pp. 267-271.
- Tog'ayev I.B., Isoqulov D.S.H., Turniyozov Z.A. Havo elektr uzatish liniyalarining holatini baholash bilan ularni monitoring qilish // Central Asian Research Journal For Interdisciplinary Studies (CARJIS) ISSN (online). – Vol. 2. – Issue 5. May, 2022, pp. 2181-2454.

OQOVA SUVLARNI BIOLOGIK TOZALASHDA AERATSIYA JARAYONINING PARAMETRLARINI BOSHQARISH ORQALI ENERGIYA TEJAMKORLIKKA ERISHISH



Maxmudov M.I.,
Buxoro muhandislik-texnologiya instituti
«Energoaudit» kafedrasini mudiri,
t.f.d., professor



Qo'ziyev Z.E.,
Buxoro muhandislik-texnologiya instituti,
«Energoaudit» kafedrasini katta o'qituvchisi



Jabborov A.A.,
Buxoro muhandislik-texnologiya instituti,
«Energoaudit» kafedrasini magistranti

Ushbu maqolada biologik tozalash inshootlarida oqova suvlarning texnologik muhit parametrlarini hisobga olgan holda aeratsiya jarayonining parametrlarini boshqarish masalalari ko'rib chiqildi. Aerotenkadagi oqova suvning texnologik muhit parametrlari va ularning aeratsiya tizimining parametrlariga bog'liqligi aniqlandi. Oqova suvdagi faol loyqaning me'yori, erigan kislorod konsentratsiyasi, solishtirma oksidlanish tezligi, oqova suvning harorati va aeratsiya hududi yuzasining aerotenk yuzasiga nisbati kabi parametrlarning qiymatiga qarab aeratsiya jarayonida aerotenkga uzatilayotgan havoning sarfi, quvvati hamda aeratsiyaning hisobiy davomiyligini boshqarish imkoniyatlari aniqlandi. Olib borilgan tadqiqotlar natijalari formula va grafiklarda berilgan.

Tayanch iboralar: Oqova suv, aerotenk, aeratsiya jarayoni, faol loyqaning me'yori, erigan kislorod konsentratsiyasi, solishtirma oksidlanish tezligi, faol loyqaning zolligi, aerotorning havo haydash chuqurligi, harorat, bosim, havoning sarfi, iste'mol quvvati, aeratsiya davomiyligi, boshqarish.

В данной статье рассмотрены вопросы управления процессом аэрации с учётом параметров технологической среды сточных вод на биологических очистных сооружениях. Определена зависимость параметров технологической среды сточных вод в аэротенке от параметров системы аэрации. В процессе аэрации определены возможности управления расходом воздуха, мощности, а также расчётной продолжительностью аэрации в зависимости от значений таких параметров, как степень концентрации активного ила в сточных водах, концентрации растворённого кислорода, удельная скорость окисления, температура сточных вод и отношение суммарной площади аэраторов к площади днища аэраторов. Результаты проведённых исследований представлены в формулах и графиках.

Ключевые слова: сточная вода, аэротенк, процесс аэрации, расход воздуха, доза ила, концентрация растворённого кислорода, удельная скорость окисления, зольность ила, глубины погружения аэратора, температура, давления, потребляемая мощность, продолжительность аэрации, управление.

So'nggi vaqtlarda iqtisodiyotning turli tarmoqlarini rivojlanishi oqibatida butun dunyoda global energetika inqirozi va atrof-muhitga juda katta zarar vujudga kelmoqda.

Natijada, oqova suvlarni tozalash tizimlarini takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Oqova suvlarni biologik tozalash ekologiyaga zararsizligi tufayli bunday loyihalar amaliyotga tobora keng qaratilyapti, ularga katta miqdorda investitsiya yo'naltirilgan holda ilmiy tadqiqotlar va ishlanmalar qo'llab-quvvatlanayapti.

Jumladan, 2020-2023 yillarda Buxoro viloyatida suv ta'minoti va kanalizatsiya tizimini rivojlantirish va modernizatsiyalash uchun 437,62 mln dollar mablag' ajratilgan [1].

Hozirgi kunda ishlab chiqarish oqova suvlarini tozalash inshootlaridagi texnologik muhit parametrlarini nazorat qilish va boshqarish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Aerotenkardagi aeratsiya jarayonida energiya iste'moli umumiy energiyaning 2/3 qismini tashkil qilinishini inobatga oladigan bo'lsak, havoning sarfi, quvvati hamda aeratsiyaning hisobiy davomiyligini boshqarish orqali elektr energiya xarajatlari kamayadi.

Bosh nasos stantsiyasini o'z ichiga olgan oqova suvni tozalash inshootlarida oqova suvning texnologik parametrlarini o'zgartirishini hisobga olish orqali aeratsiya jarayonini xarakterlovchi parametrlarni boshqarishning energetik ko'rsatkichlarini aniqlaymiz.

Oqova suvlarni biologik tozalash inshootlarida aeratsiya jarayonida aerotenkga uzatilayotgan havoning sarfi, quvvati va aeratsiyaning hisobiy davomiyligini boshqarish iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.

Aeratsiyaning hisobiy davomiyligi quyidagi formuladan aniqlanadi [2, 3]:

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i(1-S)\rho}$$

bu yerda L_{en} va L_{ex} – aerotenkga kiruvchi va tozalangan oqova suvning kislorodga bo'lgan to'liq biokimyoviy ehtiyoji ($KBBE_{to'liq}$), mg/l ;

a_i – faol loyqaning me'yori, g/l ;

S – faol loyqaning zolligi;

ρ – solishtirma oksidlanish tezligi, $mg\ KBBE_{to'liq}/(g \cdot s)$.

Fermentlanish reaksiya tenglamalari va jarayonni amalga oshirish sharoitlarini xarakterlovchi solishtirma oksidlanish tezligining qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\rho = \rho_{atm} \frac{L_{ex} \cdot C_o}{L_{ex} \cdot C_o + K_i \cdot C_o + K_o \cdot L_{ex}} \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i}$$

bu yerda ρ_{max} – maksimal solishtirma oksidlanish tezligi, $mg\ KBBE_{to'liq}/(g \cdot s)$;

C_o – aerotenkda erigan kislorod konsentratsiyasi, mg/l ;

K_i – organik iflos moddalarni tavsiflovchi doimiy, $KBBE_{to'liq}\ mg/l$;

K_o – kislorod ta'sirini tavsiflovchi doimiy, $mg\ O_2 / l$;
 φ – aktiv loyqaning biologik jarayonda yemirilishini tavsiflovchi koefitsient, l/s .

Aeratsiya jarayonidagi havoning sarfi quyidagicha aniqlanadi [2, 3]:

$$q_{air} = \frac{q_o(L_{en} - L_{ex})}{K_1 K_2 K_m K_3 (C_a - C_o)}$$

bu yerda q_o – kislorodning solishtirma sarfi, $mg/mg\ KBBE_{to'liq}$;

K_1 – aerator turini hisobga oluvchi koefitsient [4, 7]:

$$K_1 = 0,937 \frac{f}{F} + 1,47$$

bu yerda f/F – aeratsiya hududi yuzasining aerotenk yuzasiga nisbati;

K_2 – aeratorning havo haydash chuqurligini hisobga oluvchi koefitsient;

K_m – oqova suvning haroratini hisobga oluvchi koefitsient;

K_3 – faol loyqa aralashmasidagi kislorodni uzatish tezligining toza suvga nisbati hisobga olingan koefitsient.

Aeratorning havo haydash chuqurligini hisobga oluvchi koefitsientini topish formulasi quyidagicha:

$$K_2 = 0,523h + 0,321$$

bu yerda h – aeratorning havo haydash chuqurligi, m .

Oqova suvning haroratini hisobga oluvchi koefitsientining qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$K_m = 1 + 0,02(t_{o'r,y} - 20)$$

bu yerda $t_{o'r,y}$ – yozgi mavsumda oqova suvning o'rtacha oylik harorati, $^{\circ}C$;

Havo kislorodining suvda eruvchanligi va aerotenkda erigan kislorodning konsentratsiyasini quyidagi formuladan aniqlaymiz [2].

$$C_a = C_T \frac{10,3 + \frac{h}{2}}{10,3}$$

$$C_T = 0,0043 \cdot t_w^2 - 0,358 \cdot t_w + 14,5$$

bu yerda C_T – havo kislorodining harorat va bosimga bog'liq suvda eruvchanligi, mg/l ;

t_w – oqova suvning harorati, $^{\circ}C$.

Havo haydash stansiyasining unumdorligini quyidagi formuladan aniqlaymiz [2]:

$$Q_{air} = q_{air} \cdot q_w$$

bu yerda q_w – tozalash tizimiga kiruvchi oqova suvning hisobiy sarfi, $m^3/soat$.

Aerotenkga havo uzatayotgan havo haydash qurilmalarining quvvati quyidagi formuladan aniqlaymiz [3, 4]:

$$N = \frac{13,1(p_2^{0,29} - 26,3) \cdot Q_{air} \cdot 0,278}{1000 \cdot \eta}$$

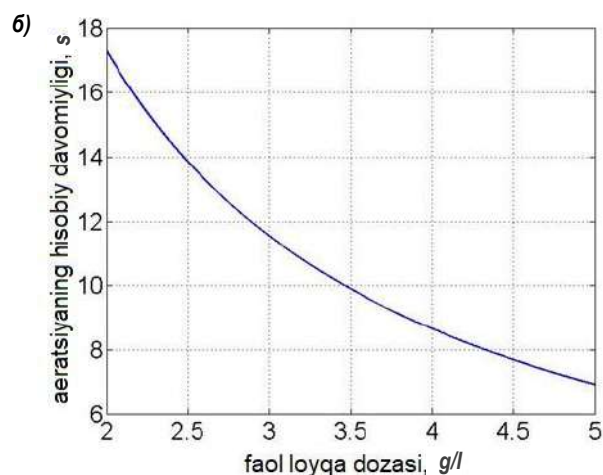
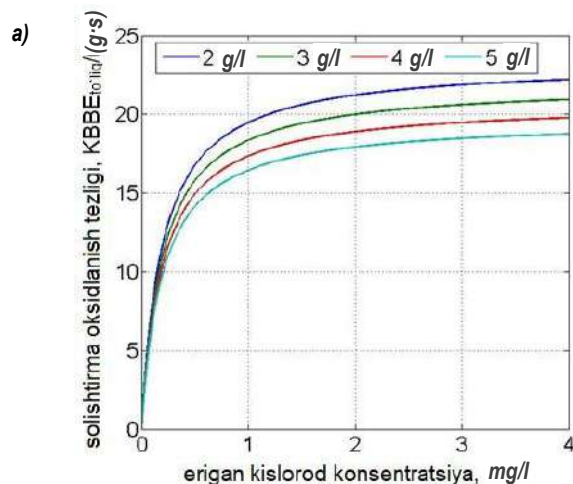
bu yerda η – qurilmalarning foydali ish koefitsienti;

p_2 – havoning bosimi, kPa ;

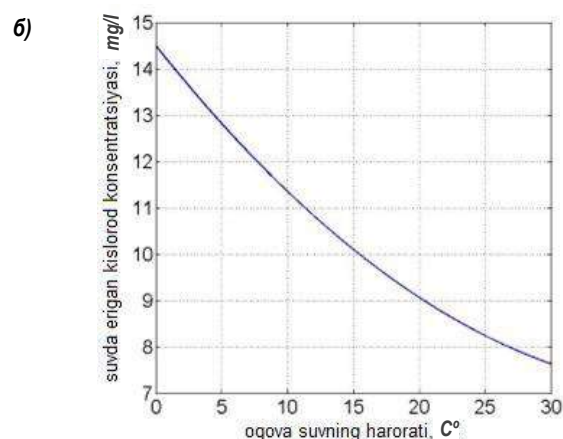
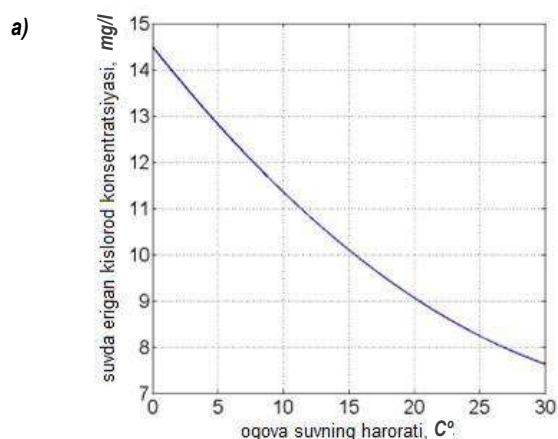
Ushbu tadqiqotda «O'zsvu'ta'minot» AJning «Buxoro suv ta'minot» MChJ ga qarashli oqova suvlarni tozalash inshootidagi aerotenkda aeratsiya jarayonida uzatilayotgan havoning sarfi, quvvati hamda aeratsiyaning hisobiy davomiyligini boshqarish orqali havo haydash qurilmalarida elektr energiya xarajatlarini kamaytirish imkoniyatlari o'rganildi. Oqova suvdagi faol loyqaning me'yori, erigan kislorod konsentratsiyasi, solishtirma oksidlanish tezligi, oqova suvning harorati va aeratsiya hududi yuzasining aerotenk yuzasiga nisbati kabi parametrlarning o'zgarishi o'rganildi hamda tahlil qilindi. *1a-rasmda* oqova suvdagi faol loyqaning me'yorining turli qiymatlarida aerotenkda erigan kislorod konsentratsiyasining solishtirma oksidlanish tezligiga bog'liqlik grafigi qurildi. Amaliy hisob-kitoblarga ko'ra oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasining qiymati 2-4 mg/l va undagi faol loyqaning me'yorining qiymati 3-5 g/l ni tashkil etadi [3, 5-6]. Oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasi va faol loyqaning me'yori boshqarilganda solishtirma oksidlanish tezligining o'rtacha qiymati 20 $mg\ KBBE_{to'liq}/(g \cdot s)$ ga teng bo'lishi aniqlandi. *1b-rasmda* aeratsiyaning hisobiy davomiyligining faol loyqaning me'yoriga bog'liq o'zgarish grafigi Matlab muhitida qurilgan. Aeratsiyaning hisobiy davomiyligi bog'liq havo haydash qurilmalarini tarmoqqa ulash iste'mol qilinayotgan elektr energiya miqdoriga ta'sir qiladi. Korxonadagi aerotenkda uzaytirilgan aeratsiyada faol loyqaning me'yori 3-5 g/l oraliqda o'zgarishini hisobga olsak, faol loyqaning me'yori 3 g/l bo'lganda aeratsiyaning hisobiy davomiyligi 11,5 soatdan 5 g/l bo'lganda 7 soatgacha kamayishini grafikdan ko'rish mumkin.

2-rasmda aerotenkga uzatilayotgan havo kislorodining suvda eruvchanligi (*2a-rasm*) va oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasi (*2b-rasm*) ning suv haroratiga bog'liqlik grafiklari qurilgan. Oqova suvning o'rtacha harorati $20^{\circ}C$ bo'lganligi uchun unda erigan kislorod konsentratsiyasi 9 mg/l ni tashkil qildi. Bu qiymat yuqorida ta'kidlab o'tilgandek, me'yoriy qiymatlardan 2-3 marta katta bo'lganligi uchun aeratsiya jarayonida erigan kislorod konsentratsiyasini boshqarish juda muhim.

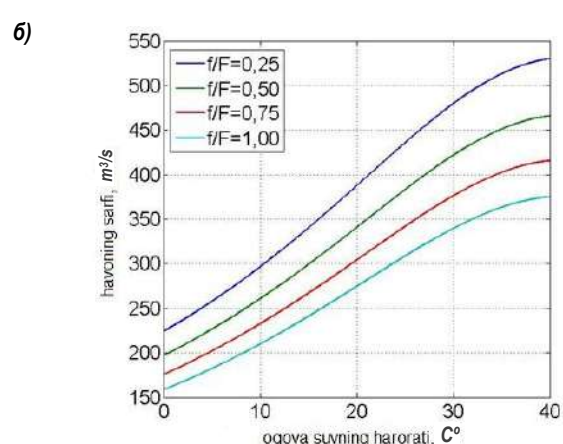
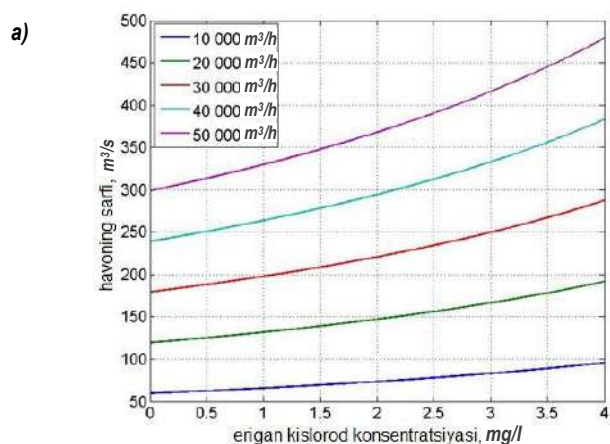
Oqova suvning hisobiy sarfining turli qiymatlarida suvda erigan kislorod konsentratsiyasining aerotenkga uzatilayotgan havoning sarfiga bog'liqlik grafigi *3a-rasmda* keltirilgan. Korxonada oqova suvning hisobiy sarfining o'rtacha qiymati 40 000 m^3/s ekanligini hisobga olib, suvda



1-rasm. Faol loyqa dozasi bog'liq oqova suvda erigan kislorodning turli konsentratsiyalarida solishtirma oksidlanish tezligiga (a) va oqova suvdagi faol loyqa dozasi aeratsiyaning hisobiy davomiyligiga (b) bog'liqlik grafiklari



2-rasm. Aerotenkga uzatilayotgan havo kislorodining suvda eruvchanligi (a) va oqova suvda erigan kislorod konsratsiyasi (b) ning suv haroratiga bog'liqlik grafiklari



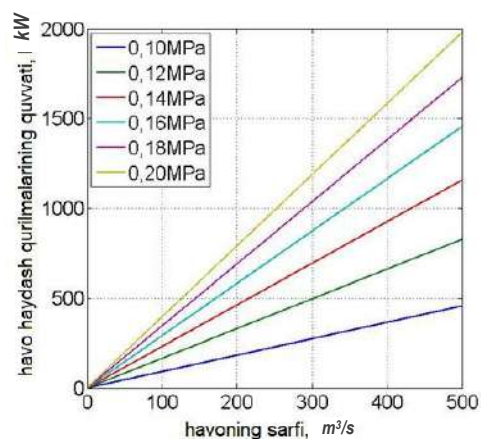
3-rasm. Oqova suvning hisobiy sarfining turli qiymatlarida suvda erigan kislorod konsratsiyasining aerotenkga uzatilayotgan havoning sarfiga (a) va aeratsiya hududi yuzasining aerotenk yuzasiga nisbati o'zgariganda turli haroratlardagi havo sarflariga (b) bog'liqlik grafiklari

erigan kislorod konsratsiyasining miqdori 4 mg/l dan 2 mg/l ga kamayganda uzatilayotgan havoning sarfi 380 m³/s dan 290 m³/s gacha kamayadi. 3b-rasmda esa aeratsiya hududi yuzasining aerotenk yuzasiga nisbati o'zgariganda turli haroratlardagi havo sarflariga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Diskli aeratorlarda aeratsiya hududi yuzasining aerotenk yuzasiga nisbati birga yaqin qiymatga erishadi. Suvning o'rtacha harorati 20°C da bu qiymat 0,25 dan 1 ga oshganda, suvda erigan kislorod konsratsiyasining miqdori 4 mg/l ga teng bo'lganda uzatilayotgan havoning sarfi 380 m³/s dan 275 m³/s gacha kamayadi. 4-rasmda aerotenkga turli bosimlarda havo uzatayotgan havo haydash qurilmalarining quvvatining havo sarfiga bog'liqlik grafigi.

Havo haydash qurilmalari aerotenkga uzatayotgan havoning quvvatining havoning sarfiga bog'liq o'zgarish grafigi Matlab dasturida qurilgan. Korxonadagi mavjud 5 ta 200 kW quvvatli havo haydash qurilmalari 0,1-0,2 MPa qiymatlarda bosim bilan havo uzatasa havoning sarfi 200-400 m³/s oraliqda o'zgarishini hisobga olsak, havoning sarfi 200 m³/s bo'lganda uzatilayotgan havoning quvvati 7,5 martagacha 400 m³/s da esa 5 martagacha kamayishi ko'rinib turibdi. Havo haydash stansiyasi 5 ta havo haydash qurilmasidan tashkil topgani uchun ularning 3 tasini boshqarish orqali oqova suvni tozalashning tannarxi kamayadi.

Olib borilgan tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarga olib keldi:

1. Aerotenkda oqova suvda erigan kislorod konsratsiyaning qiymati 2-4 mg/l va undagi faol loyqaning me'yoring qiymati 3-5 g/l



4-rasm. Aerotenkga turli bosimlarda havo uzatayotgan havo haydash qurilmalarining quvvatining havo sarfiga bog'liqlik grafigi

oraliqda boshqarilganda solishtirma oksidlanish tezligining o'rtacha qiymati 20 mg KBBE_{to'liq}/(g·s) ni tashkil qilgan ekan.

2. Korxonadagi aerotenkda uzatirilgan aeratsiyada faol loyqaning me'yori 3-5 g/l oraliqda o'zgarishini hisobga olsak, faol loyqaning me'yori

3 g/l bo'lganda aeratsiyaning hisobiy davomiyligi 11,5 soatdan 5 g/l bo'lganda 7 soatgacha kamayar ekan.

3. Oqova suvning o'rtacha harorati 20°C bo'lganligi uchun unda erigan kislorod konsentratsiyasi 9 mg/l ekanligi va me'yoriy qiymatlardan 2-3 marta kattaligi aniqlandi.

4. Oqova suvni tozalash inshootida oqova suvning hisobiy sarfining o'rtacha qiymati 40000 m³/s ekanligini hisobga olib, suvda erigan kislorod konsentratsiyasining miqdori 4 mg/l dan 2 mg/l ga kamayganda uzatilayotgan havoning sarfi 380 m³/s dan 290 m³/s gacha kamaydi.

5. Aeratsiya jarayonida diskli aeratorlar qo'llanilganda o'rtacha harorati 20°C da suvda erigan kislorod konsentratsiyasining miqdori 4

mg/l ga teng bo'lganda uzatilayotgan havoning sarfi 380 m³/s dan 275 m³/s gacha kamayganligi aniqlandi.

6. Matlab dasturida qurilgan grafikda korxonadagi mavjud 5 ta 200 kW quvvatli havo haydash qurilmalari 0,1-0,2 MPa qiymatlarda bosim bilan havo uzatsa havoning sarfi 200-400 m³/s oraliqda o'zgarishini hisobga olsak, havoning sarfi 200 m³/s bo'lganda uzatilayotgan havoning quvvati 7,5 martagacha, 400 m³/s da esa 5 martagacha kamayar ekan.

7. Olingan natijalarni tahlil qiladigan bo'lsak ushbu korxonadagi havo haydash stansiyasi 5 ta havo haydash qurilmasidan tashkil topgan bo'lsa ularning 3 tasini boshqarish orqali oqova suvni tozalashning tannarxini kamaytirish imkoniyatlari mavjud.

Bibliografik ro'yxat:

1. Maxmudov M.I., Koziyev Z.E., Temirov L.A. Reducing the reactive power consumption of air sending. Eurasian journal of academic research. – Vol. 2. – Issue 4, 2021, pp. 190-195.
2. Shipulin Yu.G., Maxmudov M.I. Sanoat oqava suvlarini tozalash va ulardan foydalanish tizimlarida texnologik muhit parametrlarini monitoring qilish qurilmalari va usullari. Monografiya. – Toshkent: Fan va texnologiyalar, 2018. – 216 bet.
3. Voronov Yu.V., Yakovlev S.V. Suvni oqizish va oqava suvlarni tozalash. Darslik. – M.: Qurilish universitetlari uyushmasi tahririyati, 2006. – 704 bet.
4. Aziz N.F., Ramli N.A., Hamid M.F. Energy efficiency of wastewater treatment plant through aeration system. Desalination and Water Treatment. No. 156, 2019, pp. 38-45.
5. Deshmukh G., Deshmukh Y., Nagdwate A. Energy audit for a waste water treatment process. Int. Res. J. Eng. Technol. No. 04, 2017. pp.1487-1491.
6. Bazhenov V.I. Energiyani «havodan» tejash. Chiqindilarni tozalash inshootlarining energiya samaradorligini oshirish. – M.: Energosovet. – № 1. 2013 yil. 32-43 betlar.
7. Maxmudov M.I., Kuziev Z.E., Nurov S.S., Sidikov S.S. Analysis and comparison of optical and mass methods of measuring active sludge concentration in wastewater treatment. Journal of critical reviews. – Vol. 7. – Issue 11, 2020, pp. 3050-3057.

НФ-630; НФ-1200М-03

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫЙ СТАНОК



NFMZ
Вдохни жизнь в металл

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

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ИНВЕРСИИ НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА



Мамадов И.А.,
руководитель

ОО «Молодежная Группа по Защите Окружающей Среды»,
соискатель Института водных проблем,
гидроэнергетики и экологии (ИВПГЭиЭ)
Национальной Академии Наук Таджикистана

Bugungi kunda havo sifati odamzotning eng muhim va global muammolaridan biri bo'lib, u aholi salomatligi va iqlim o'zgarishi bilan chambarchas bog'liqdir. Ushbu maqolada havoning ifloslanish darajasiga ta'sir etuvchi meteorologik omillar, Xo'jand shahri misolida ko'rib chiqiladi. Tahlil atmosfera havosidagi PM_{2,5} kontsentratsiyasi, harorat ko'rsatkichlari va namlik bo'yicha ma'lumotlar asosida amalga oshirildi.

Tayanch ibolarar: harorat inversiyasi, havoning ifloslanishi, atrof-muhit, harorat, yog'ingarchilik, shamol, ekologiya.

Na segodnyashniy den, kachestvo atmosferynogo vozduha yavlyetsya odnim iz vazhnayshix i globalnyx problem sovremenosti, kotoraya imeet tesnyu svyaz so zdorov'em naseleniya i voprosami izmeneniya klimata. V dannoy stat'ye issleduyutsya meteorologicheskiye faktory, vliyayushchie na uroven' zagryazneniya atmosferynogo vozduha, na primere goroda Xudjand. Analiz proizveden na osnovanii pokazateley dannyx po koncentracii PM_{2.5} v atmosferynom vozduxe, temperaturnyx pokazateley i vlazhnosti.

Ключевые слова: температурная инверсия, загрязнение воздуха, окружающая среда, температура, осадки, ветер, экология.

Качество атмосферного воздуха является одним из ключевых условий, которое не только влияет на экологические, но и отражается на экономических показателях через состояние здоровья населения. Если в случае загрязнения водных и земельных ресурсов, а также потребления продовольственных товаров, человек имеет возможность применять определённые технологии очистки, либо ограничить употребление, то в случае с атмосферным воздухом подход по ограничению или же эффективной очистке сводится к нулю.

Глобальное бремя болезней, связанных с воздействием загрязнения воздуха, наносит огромный ущерб здоровью людей во всем мире: по оценкам, воздействие загрязнения воздуха ежегодно приводит к миллионам смертей и потере определенных лет здоровой жизни [1]. Как отмечается в отчёте ВОЗ (2021 г.), в большинстве стран с высоким уровнем дохода имеются определённые улучшения по этим показателям, в то время как в странах с низким и средним уровнем дохода ситуация заметно ухудшается в связи с урбанизацией и экономическим развитием, что связано с ограниченным доступом к новым технологиям и средствам, так же как слабой интеграции принципов зелёной экономики.

Если рассматривать концентрацию PM_{2.5} (particulate matter – мелкодисперсные частицы размером от 0,001 до 2,5 мкм) в атмосферном воздухе, как индикатор загрязнения, то полный контроль концентрации в определённом жилом массиве является невозможным, так как физические свойства PM_{2.5} позволяют частицам переноситься на большие расстояния. Тем не менее, имеется ряд мер, которые могут быть предприняты для смягчения ситуации, с учётом климатических условий и доступности интегрируемых методов.

Анализ доступных данных по концентрации PM_{2.5} в городе Худжанд, Республики Таджикистан за 2021–2022 гг. показывает,

что концентрация PM_{2.5} (мкг/м³) в осенне-зимний период резко увеличивается (рис. 1)

Согласно результатам исследований, приведённым на рис. 1, установлено, что резкое увеличение концентрации загрязнения происходит после 15 октября 2021 г. и она снижается только к концу февраля следующего года. С целью выявления причин возникновения названного показателя, в работе произведён сравнительный анализ величин температуры, влажности и атмосферного давления (рис. 2-4).

Анализом результатов (рис. 2-4) установлено, что концентрация PM_{2.5} начинает увеличиваться по мере снижения среднесуточной температуры, повышения влажности и атмосферного давления.

В научных кругах, данное явление также принято называть температурной инверсией или же инверсией температуры атмосферы (рис. 5).

Отмечается, что способность земной поверхности поглощать или излучать тепло влияет на вертикальное распределение температуры, и как результат на разных высотах располагаются слои большей или меньшей толщины с различающейся температурой. В последствии, в этих слоях убывание температуры замедляется или прекращается. Одной из важнейших характеристик температурной стратификации нижних слоев атмосферы являются температурные инверсии [2].

В результате температурной инверсии выбросы в атмосферный воздух лишаются возможности рассеивания и концентрация PM_{2.5} увеличивается в разы.

Другим фактором повышения концентрации PM_{2.5} является увеличение количества источников выбросов, таких как автотранспорт, а также вклад частного и промышленного сектора. По мере

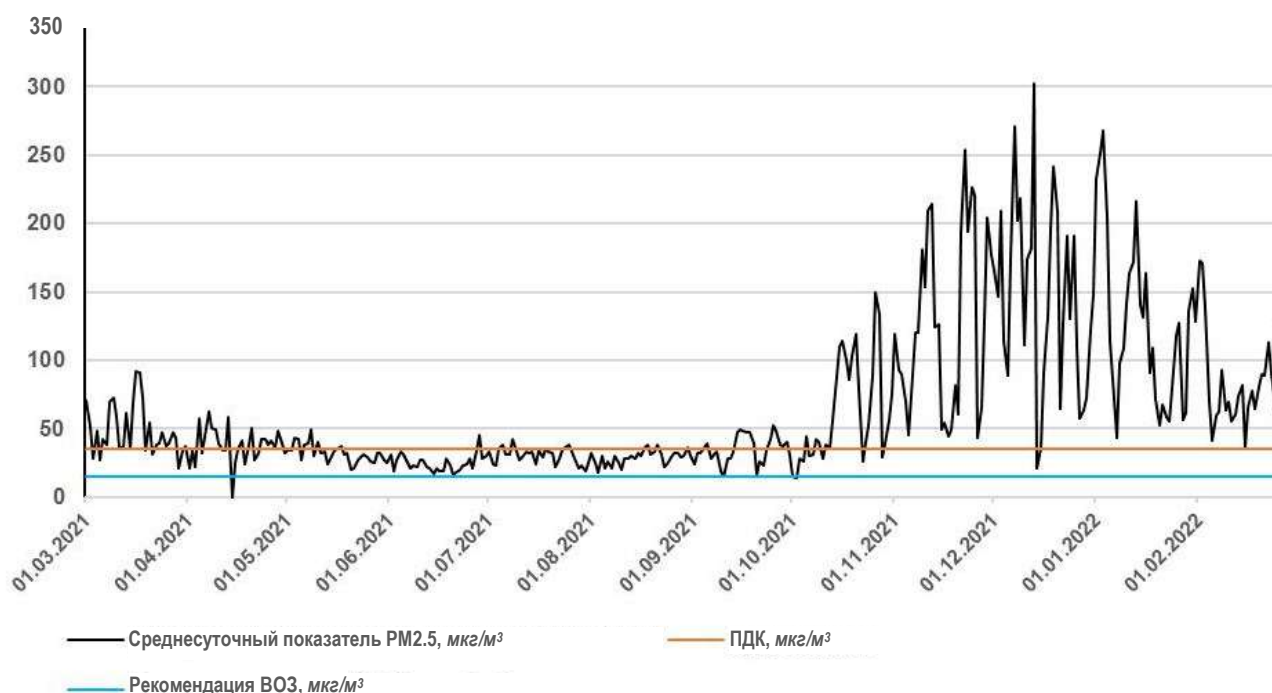


Рис. 1. Среднесуточная концентрация PM2.5 мкг/м³ в атмосферном воздухе. С 1 марта 2021 г. по 25 февраля 2022 г. (31 микрорайон, г. Худжанд, Таджикистан)

снижения температуры окружающей среды, потребность в энергии повышается как для обогрева, так и для получения производственной единицы [3]. В силу изменения погодных условий, владельцы автотранспорта начинают сжигать больше топлива для прогрева двигателя, а средняя скорость передвижения по автодорогам при этом снижается. Производственный сектор начинает потреблять больше энергии с учётом обогрева на единицу производимой продукции. С другой стороны, в связи с энерголимитом частный сектор начинает использовать печи для обогрева и приготовления пищи, где топливом выступают в основном дрова и уголь. Все вышеперечисленные факторы становятся причиной повышения концентрации PM2.5 в холодное время года.

Анализ полученных данных показывает, что как результат антропогенного воздействия и температурных изменений, концентрация PM2.5 может меняться в разы. К примеру, 5 мая 2021 г. самый низкий показатель был зафиксирован в 15:00 ч на уровне 28 мкг/м³, а максимальный показатель был зафиксирован в 19:00 ч на уровне 185 мкг/м³, что в 6,6 раз больше, и превышает ПДК в 5,28 раз (установленный ПДК в Таджикистане: среднесуточное – 35 мкг/м³, единоразовый выброс – 150 мкг/м³) (рис. 6):

Как видно по вышеприведенным диаграммам (рис. 6), концентрация PM2.5 в атмосферном воздухе увеличивалась в ноябре 2021 г. Более того, также наблюдается повышение концентрации с 6:00 до 9:00 ч



Рис. 2. Среднесуточная температура атмосферного воздуха, °С. С 1 марта 2021 г. по 25 февраля 2022 г. (31 микрорайон, г. Худжанд, Таджикистан)

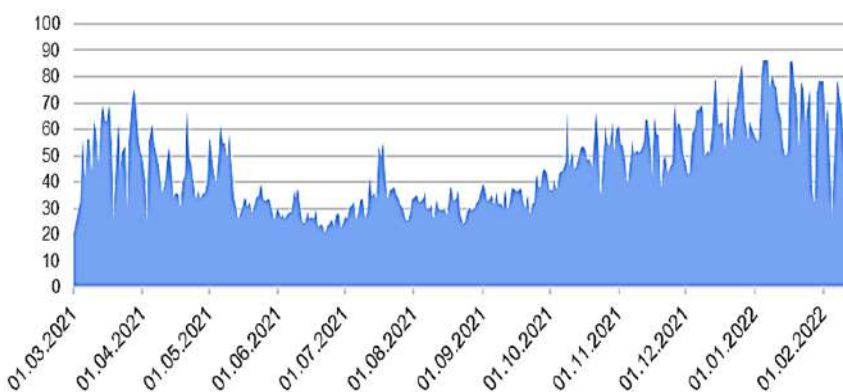


Рис. 3. Среднесуточная влажность (%) атмосферного воздуха. С 1 марта 2021 г. по 25 февраля 2022 г. (31 микрорайон, г. Худжанд, Таджикистан)

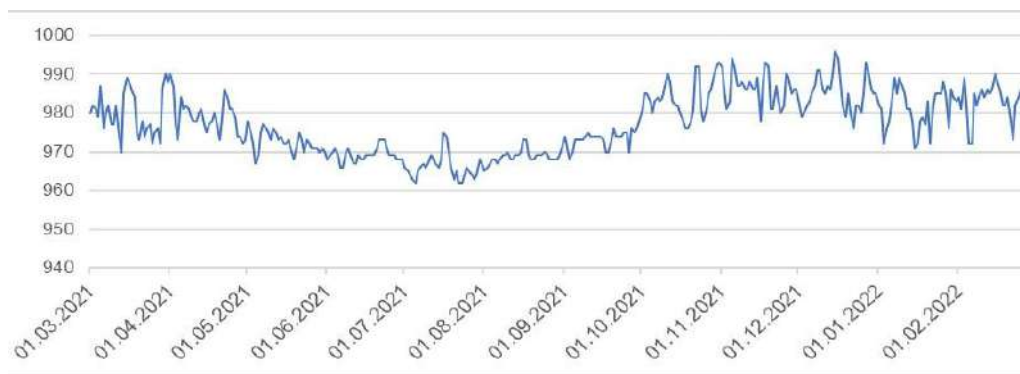
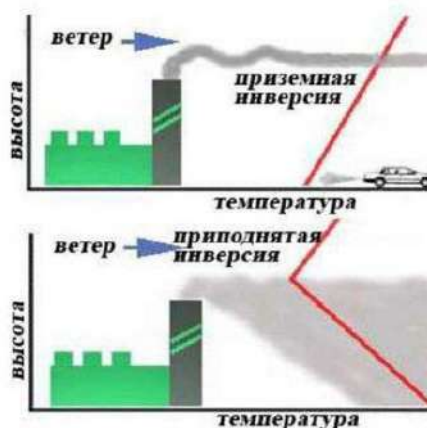


Рис 4. Среднесуточное атмосферное давление, мм рт.ст. С 1 марта 2021 г. по 25 февраля 2022 г. (31 микрорайон, г. Худжанд, Таджикистан)



и вечером с 17:00 до 21:00 ч. Данные показатели можно связать с двумя источниками, учитывая места установки станций мониторинга в городе Худжанд. Первое, это влияние автотранспорта в часы пик, которые воздействуют на показатель загрязнения утром и вечером. Второе, возможное использование отопительных устройств со стороны частного сектора в зимнее время, т.е. когда утром и вечером население, проживающее в частных домах в г. Худжанде и вокруг него, начинают готовить еду или обогревать помещение с использованием открытого огня.

Подводя итоги, можно предположить, что температурная инверсия негативно влияет на качество атмосферного воздуха в городе Худжанд из-за климатических и географических условий. Как результат, увеличение нагрузки по выбросам не даёт возможность воздушным потокам рассеивать частицы PM2.5, образующиеся в результате антропогенного воздействия. Также, следует отметить, что скорость и направление ветра являются важными составляющими для улучшения качества воздуха и рассеивания мелкодисперсных частиц PM2.5. Под влиянием естественных факторов, таких как климат, рельеф местности, а также географическое положение, преобладающее направление ветра сильно отличается в разных регионах. В свою очередь, это оказывает существенное влияние на концентрацию частиц. Как показали результаты исследований, наряду со скоростью ветра, сдвиг его направления является равнозначным, если не более важным, фактором в модулировании концентрации PM2.5 на поверхности земли [4].



Рис 5. Типы и механизмы температурной инверсии

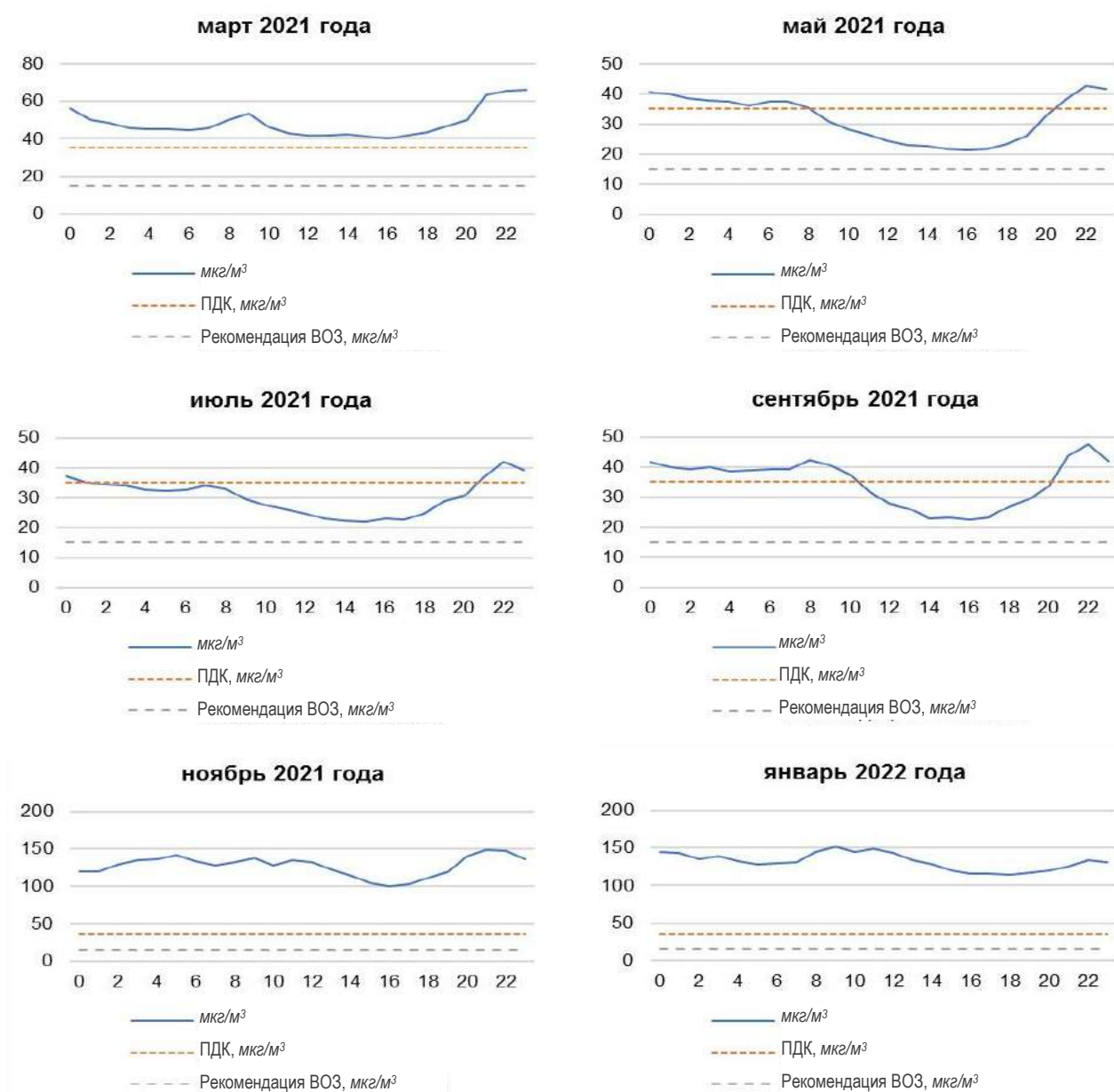


Рис. 6. Усреднённая концентрация PM2.5 по отдельным месяцам и часам 2021 г.

Для более детальной оценки ситуации необходимо продолжить работу по расширению сети мониторинга за качеством атмосферного воздуха, сбору и анализу данных. На основании данных, необходимо разработать карту воздушной среды города и принять меры по снижению нагрузки в холодное время года через реализацию митигационных мероприятий, таких как увеличение зелёных и ограждённых зон, контроль за качеством топлива и технического со-

стояния автотранспорта, наличие катализаторов в выхлопных системах автотранспорта, улучшение качества автотранспортных дорог и снижение нагрузки путём создания кольцевых дорог в обход городов, перевод промышленных предприятий на природный газ, интеграция и популяризация использования инновационных печей эффективного сгорания твёрдого топлива на уровне домохозяйств и другие меры.

Библиографический список:

1. WHO. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide / WHO. – 2021. – 1302 с.
2. Дистанционное зондирование в экологии. – URL: <http://www.windprofiler.ru/node/20> (дата обращения: 13.10.2022). – Текст : электронный.
3. Температурная инверсия влияет на загрязнение воздуха в Бишкеке. – URL: https://ausa.kg/ru/ausa_news/4863/ (дата обращения: 15.12.2022). – Текст : электронный.
4. Analysis of the Influence of Precipitation and Wind on PM2.5 and PM10 in the Atmosphere / Z. Liu, L. Shen, C. Yan [и др.] // Advances in Meteorology. – 2020. – Т. 2020.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИЕЙ!



2022 год стал периодом перемен для Узбекистана, который обновляется в глазах людей всего мира, и важным этапом на пути к построению демократического общества.

В пункте первом Положения «О государственных наградах Республики Узбекистан в области науки и техники, литературы, искусства и архитектуры» отмечается, что «Государственные награды Республики Узбекистан в области науки и техники, литературы, искусства и архитектуры являются высоким признанием заслуг представителей этой области перед государством и обществом».

Согласно Указу Президента Республики Узбекистан «О присуждении Государственных премий Республики Узбекистан в области науки и техники, литературы, искусства и архитектуры» от 12 декабря 2022 года, специалисты Акционерного общества «Навоийский горно-металлургический комбинат» Кувандик Санакулов, Николай Павлович Снитка, Отабек Маннабиевич Мустакимов, Улугбек Абдурасулович Эргашев, Рустамжон Исаевич Усманов удостоены Государственной премии первой степени в области науки и техники за научно-практическую работу «Разработка и внедрение комплексной технологии освоения и переработки технологических и упорных золотосодержащих руд».

В результате многолетнего труда, было проведено более трёх тысяч экспериментов по созданию уникальной технологии, не имеющей аналогов в мире. Уникальная технология в области горного дела и металлургии была успешно защищена на международных научных конференциях, проходивших во многих странах мира. Изобретение на основе новой технологии получило патенты в Узбекистане и Германии. В настоящий момент это изобретение используется на 3-м Гидрометаллургическом заводе АО «Навоийский горно-металлургический комбинат». Гидрометаллургический завод № 3 – это первое крупнейшее предприятие в горно-металлургической отрасли, построенное и введенное в эксплуатацию в первые годы независимости Республики Узбекистан.

В 2017 году впервые в истории горно-металлургической промышленности Республики Узбекистан специалисты Навоийского горно-металлургического комбината награждены Золотой медалью Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) Организации Объединённых Наций за разработку и внедрение «Способа извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд».

В 2019 году на Гидрометаллургическом заводе № 3 реализован инвестиционный проект «Усовершенствование технологии извлечения золота из сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау». В рамках данного проекта был построен и запущен в эксплуатацию новый комплекс фильтрации, сушки и обжига, предназначенный для переработки отвалных хвостов завода. Немаловажным аспектом данного проекта стали высокая производительность, энергоэффективность, многоступенчатая система очистки выхлопных газов в соответствии с современными экологическими требованиями, а также полностью автоматизированная система управления технологическим процессом.

Специалистами НГМК была разработана принципиально новая и уникальная технология, которая позволяет осуществлять переработку некондиционных сбросных продуктов золотого производства и доизвлекать из него дополнительный объём золота. Это позволило увеличить полноту использования природных ресурсов и снизить себестоимость выпуска продукции, при этом, количество потерь золота с отходами производства сократилось вдвое. В целом, в сравнении с 1995 годом годовая производительность завода по переработке руды возросла более чем в 6 раз, выпуск золота в полуфабрикате вырос в 5 раз. В год из отходов извлекается дополнительно 1,5 тонны золота.

Искренне поздравляем коллег с высокой наградой!

Руководство АО «НГМК», АО «АГМК», ГП «Навоийуран», НГГТУ, ТГТУ им. И. Каримова, Академия наук Республики Узбекистан, Алмалыкский филиал НИТУ «МИСИС», Уральский федеральный университет, АО «ИРГИРЕДМЕТ», «ENGINEERING DOBERSEK GMBH», Алмалыкский филиал ТГТУ, ООО «O'zGEORANGMETLIT», редакция журнала «Горный вестник Узбекистана», а так же друзья и коллеги поздравляют лауреатов госпремии с высокой наградой, желают им крепкого здоровья, счастья, благополучия, новых творческих успехов, неиссякаемой энергии и достижения поставленных целей и новых свершений на благо науки Узбекистана!



ЭРГАШЕВ УЛУГБЕК АБДУРАСУЛОВИЧ



В январе 2023 года исполнилось 60 лет со дня рождения и 30 лет с начала научно-исследовательской деятельности Эргашеву Улугбеку Абдурасуловичу – известному учёному, доктору технических наук, доценту, заместителю начальника технологического отдела управления АО «Навоийский горно-металлургический комбинат».

Эргашев У.А. родился 25 января 1963 г. в г. Гиждуване Бухарской области.

В 1986 г. Улугбек Абдурасулович закончил среднюю школу с золотой медалью, поступил в Ташкентский государственный политехнический институт по специальности «Металлургия цветных металлов».

В 1986-1989 гг. работал ассистентом кафедры «Металлургия цветных металлов» Ташкентского государственного политехнического института.

В 1989-1993 годах был аспирантом и научным сотрудником Уральского политехнического института, в 1993 г. защитил кандидатскую диссертацию на Ученом совете Уральского государственного технического университета по теме: «Переработка медных штейнов автоклавным способом».

С 1994 по 2017 гг. работал на различных должностях: инженер-технолог 2-го разряда, диспетчер производства, начальник смены цеха, заместитель инженера по новой технике и технологиям ГМЗ-3, начальник гидрометаллургического комплекса Северного рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината.

С 2017 по 2021 гг. работал начальником технологического отдела государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат», на сегодняшний день эффективно работает заместителем начальника технологического отдела акционерного общества «Навоийский горно-металлургический комбинат».

Многолетним трудом на производстве Эргашев У.А. внёс положительный вклад в выполнение плановых показателей.

Улугбек Абдурасулович оперативно принимает необходимые решения для положительного решения проблем, возникающих в производственном процессе, обеспечивая своевременное и качественное выполнение поставленных перед ним задач проводит исследования в области обогащения полезных ископаемых.

Улугбек Абдурасулович, как опытный и востребованный руководитель, принимал активное участие в разработке и производстве новой продукции для горнодобывающей промышленности нашей Республики в годы независимости, служил укреплению независимости нашей страны, внося свой достойный вклад в повышение благосостояния и дальнейшего улучшения жизни нашего народа, а так же в социально-экономическое, духовное и образовательное развитие нашего общества.

При непосредственном участии Эргашева У.А. был проведён ряд мероприятий по улучшению экономических показателей комбината, обеспечению равномерности производственной и финансово-хозяйственной деятельности.

Уместно признать большой вклад Эргашева У.А. в достижение положительных результатов вышеупомянутого Навоийского горно-металлургического комбината.

В 2016 г. защитил докторскую диссертацию на Учёном совете Навоийского государственного горного института по теме: «Научно-технические основы повышения эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд Кызылкумов».

Эргашев У.А. одним из авторов монографии «Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов». В монографии представлены результаты исследований внедрения и адаптации биогидрометаллургической технологии в условиях ГМЗ-3 государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат».

С 2017 г. Эргашев У.А. работает доцентом кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института, передавая свои знания и навыки подрастающему поколению.

За свою трудовую деятельность Эргашев У.А. провёл обширные исследования по созданию эффективной технологии переработки руд рудников «Кокпатас» и «Даугызтау», извлечению ценных компонентов из золотомышьяковых руд сложного состава и добился важных научных, теоретических и практических результатов.

Его научные труды используются в учебном процессе Навоийского государственного горно-технологического университета при преподавании дисциплин «Научно-технические основы технологии переработки техногенных отходов» и «Теория технологических процессов переработки руд».

В 2017 г. впервые в истории горно-металлургической промышленности Узбекистана Эргашев У.А. в числе специалистов НГМК награждён Золотой медалью Всемирной организации интеллектуальной собственности Организации Объединённых Наций за разработку и внедрение «Способа извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд».

В 2022 г. Улугбек Абдурасулович в числе специалистов АО «НГМК» стал лауреатом Государственной премии первой степени в области науки и техники за научно-практическую работу «Разработка и внедрение комплексной технологии освоения и переработки технологических и упорных золотосодержащих руд».

Он является членом Научного Совета по защите докторских диссертаций DSc.17.30.12.2019.N.06.01 при Навоийском государственном горно-технологическом университете по специальностям: «Обогащение полезных ископаемых» и «Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Metallургия чёрных, цветных и редких металлов».

Эргашевым У.А. опубликовано: 56 публикаций, из них 34 статьи (20 республиканских, 14 зарубежных), 17 тезисов (2 республиканских, 15 международных), 4 патентов: IAP 04489 (20.02.2012) – Способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд; IAP 05134 (17.11.2015) – Способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд; DE 102018108860 (24.01.2019) – Процесс, установка и установка для добычи золота для повышения извлечения золота в процессе сорбционного выщелачивания; IAP 06729 (10.01.2022) – Способ переработки упорной углито-сульфидной золотосодержащей руды.

Под его руководством успешно защитили диссертацию 2 кандидата технических наук, подготовлено 8 магистров.

Большую работу проводит по повышению уровня научных публикаций в качестве члена редколлегии журнала «Горный вестник Узбекистана».

Награжден юбилейной медалью в честь 25-летия Независимости Республики Узбекистан и 25-летия конституции Республики Узбекистан, наградами знаками «Горняцкая слава» III и II степени, «Ветеран труда».

За свою трудовую деятельность Эргашев У.А. проявил себя как организованный, ответственный работник, высококвалифицированный специалист, с умением и энтузиазмом решающий поставленные перед ним задачи на высоком техническом уровне.

Руководство АО «НГМК», АО «АГМК», ГП «Навоийуран», НГГТУ, ТГТУ им. И. Каримова, Академия наук Республики Узбекистан, Алмалыкский филиал НИТУ «МИСИС», Уральский федеральный университет, Алмалыкский филиал ТГТУ, ООО «O'zGEORANG-METLIT», редакция журнала «Горный вестник Узбекистана», а так же друзья и коллеги поздравляют Эргашева Улугбека Абдурасуловича с 60-летним юбилеем и желают ему крепкого здоровья, жизненной энергии, творческих успехов и новых научных достижений.

NKMK XODIMLARI TOMONIDAN CHOP ETILGAN ADABIYOTLAR ИЗДАННАЯ ЛИТЕРАТУРА СПЕЦИАЛИСТОВ АО «НГМК»



Foydali qazilmalarni boyitish va qayta ishlash asoslari
Q.S. Sanaqulov, N.A. Doniyarov, A.A. Saidaxmedov
ISBN 978-9943-8178-7-6
© Navoiy nashriyoti, 2022

Ushbu o'quv qo'llanma «Foydali qazilmalarni boyitish va qayta ishlash asoslari» fanining o'quv dasturi asosida tuzilgan bo'lib, u o'z ichiga maydalash, g'alvirlash, yanchish va tasniflash kabi rudalarni boyitishga tayyorlash jarayonlarini, gravitatsiya, flotatsiya, magnit, elektr va boyitishning maxsus usullarida boyitishni hamda boyitish mahsulotlarini suvsizlantirish maqsadida qo'llaniladigan quyitirish, filtrlash, quritish jarayonlarini, shuningdek, changni ushlab, oqova suvlarni tozalash kabi yordamchi jarayonlarning nazariy asoslari haqidagi ma'lumotlarni jamlaydi.

Ushbu jarayonlarda ishlatiladigan dastgohlarning turlari, tuzilishi, ishlash usullari va qo'llanilish sohalari to'g'risida ham batafsil tushunchalar berilgan. O'quv qo'llanma konchilik sohasiga oid barcha mutaxassisliklarda tahsil oluvchi bakalavriat talabalari va magistrleri hamda shu sohada ishlaydigan ilmiy va texnik xodimlar uchun mo'ljallangan.



Прообоотбор, анализ, контроль процесса добычи, переработки благородных, цветных металлов и радиоактивных элементов
Санакулов К., Шарафутдинов У.З., Холмуродов Б., Аликулов Ш.Ш.
ISBN 978-9943-7269-3-2
Типография ГУ «ФОНД НГМК», 2022 г.

Приведены физико-химические свойства благородных, цветных металлов и радиоактивных элементов, подробно изложены основные методы, схемы пробоотбирания и анализа их в рудах, россыпях, продуктах обогащения и металлургической обработки. В книге изложены принципы и методы опробования неподвижно лежащих и движущихся масс руды и продуктов обогащения. Даны теоретические основы и методика обработки проб. Приведены методы ручного и автоматического контроля основных параметров обогащения, характеристики и устройства автоматических пробоотбирателей контрольно-измерительных приборов, а также методика обработки данных контроля. Значительное внимание уделено развитию автоматизированных систем аналитического контроля. Описаны вопросы измерения масс, влажности, плотности и гранулометрического состава, а также технологический и товарный балансы. Книга предназначена для инженерно-технических работников обогатительных фабрик, гидрометаллургических заводов, геотехнологических рудников, работников отделов технического контроля, исследовательских лабораторий, докторантов и студентов учебных заведений горно-металлургического и химического направления. Несмотря на рекомендательный характер представленных в книге материалов, следует признать, что только систематическое использование новых знаний и умений, в том числе и при подготовке кадров, позволит максимально реализовать творческий потенциал специалистов.



Физическая и коллоидная химия для металлургических специальностей
Петухов О.Ф., Санакулов К., Шарафутдинов У.З.
ISBN 978-9943-7269-9-4
© Типография ГУ «ФОНД НГМК», 2023 г.

Данная книга является пилотным проектом в создании единого дидактического пространства естественно-научных дисциплин, позволяющего представить физическую и коллоидную химию как науку, имеющую могучие корни, но в то же время динамически развивающуюся, использующую передовые идеи и достижения. В связи с этим в учебнике усилена металлургическая и экологическая направленность курса, отвечающая новым требованиям к формированию универсальных и предметноспециализированных компетенций.

Особенностью данной книги является ориентация на современную образовательную модель, предполагающую сокращение аудиторных форм работы и более четкую проработку вопросов самостоятельной подготовки студентов. При выборе объема и глубины изложения материала авторы руководствовались принципами доступности, преемственности и вариативности.

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений, обучающихся по металлургическим, химическим, экологическим специальностям. Материалы книги могут быть полезны при планировании факультативных и элективных курсов, работе со студентами в рамках студенческих научных обществ, исследовательской деятельности докторантов и стажеров-исследователей.

Во втором издании учебника авторы учли замечания и предложения наших читателей: учёных, специалистов и преподавателей. Второе издание основательно дополнено материалами по термодинамике и кинетике пирометаллургических процессов. В раздел «Лабораторный практикум» включено несколько лабораторных работ. Также расширен раздел «Химикотехнические расчёты».

Материал в книге представлен в 5 частях по основным разделам дисциплины.

МОДУЛЬНЫЕ ФАБРИКИ «SEPRO»



Оптимальная
конфигурация
Стабильные
показатели
Высокая
надежность



Телефоны/ WhatsApp
для оперативной связи:
РУз. +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, разработанная специально для бурения на глубину до 300–400 метров»

epiroc.com