ISSN 2181-7383

O'zbekiston

KONCHILIK XABARNOMASI

3

№ 94

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQARISH JURNALI

Iyul-Sentabr 2023

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРНЫЙ ВЕСТНИК

УЗБЕКИСТАНА

O'zbekiston KONCHILIK XABARNOMASI ГОРНЫЙ ВЕСТНИК Узбекистана № 3 (94) Июль-Сентябрь 2023

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

NORMET.COM

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

Ta’sischilar:
«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.; *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), Samadov A.U. (O‘zbekiston), Xasanov A.S (O‘zbekiston), Ergashev U.A. (O‘zbekiston), Yoqubov M.M. (O‘zbekiston); *ilmiy va laboratoriya tadqiqotlari* – Mishina O.V. (Germaniya), Mustaqimov O.M. (O‘zbekiston), Muxiddinov B.F. (O‘zbekiston), Nurmurodov T.I. (O‘zbekiston), Sagdiyeva M.G. (O‘zbekiston), Xamidov X.I. (O‘zbekiston); *elektroenergetika sanoati* – Tabakman I.B. (Kanada), Mahmudov A.M. (O‘zbekiston); *ekologiya* – Vorobyov A.G. (Rossiya), Gulyamov B.V. (O‘zbekiston), Raziqov Z.A. (Tojikiston), Raxmatov A.B. (O‘zbekiston); *iqtisod* – Vorobyov A.E. (Rossiya).

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 14.08.2023 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-изыскательский 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:
Заирова Ф.Ю.

Состав редколлегии по разделам: *геотехнология* – Ракишев Б.Р. (Казахстан), Шашенко А.Н. (Украина), Заиров Ш.Ш. (Узбекистан), Мислибоев И.Т. (Узбекистан), Носиров У.Ф. (Узбекистан), Раимжанов Б.Р. (Узбекистан), Умаров Ф.Я.; *геология* – Белин В.А. (Россия), Акбаров Х.А. (Узбекистан), Снитка Н.П. (Узбекистан), Туресебеков А.Х. (Узбекистан); *обогащение и металлургия* – Дементьев В.Е. (Россия), Абдурахмонов С.А. (Узбекистан), Санакулов К. (Узбекистан), Самадов А.У (Узбекистан), Хасанов А.С. (Узбекистан), Эргашев У.А. (Узбекистан), Якубов М.М. (Узбекистан); *научно-лабораторные изыскания* – Мишина О.В. (Германия), Мустакимов О.М. (Узбекистан), Мухиддинов Б.Ф. (Узбекистан), Нурмуродов Т.И. (Узбекистан), Сагдиева М.Г. (Узбекистан), Хамидов Х.И. (Узбекистан); *электроэнергетика* – Табакман И.Б. (Канада), Махмудов А.М. (Узбекистан); *экология* – Воробьёв А.Г. (Россия), Гулямов Б.В. (Узбекистан), Разыков З.А. (Таджикистан), Рахматов А.Б. (Узбекистан); *экономика* – Воробьёв А.Е. (Россия).

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

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна

За точность фактов и достоверность
информации ответственность несут авторы

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

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

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

Обложка, дизайн, компьютерная вёрстка:
Заирова Ф.Ю.

Ответственный за публикацию и обновление электронной формы журнала:
Шарафутдинов У.З.

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

Подписано в печать 14.08.2023 г.
Формат А3. Тираж 100 экз.
© Горный вестник Узбекистана 2023

ISSN 2181-7383
4 780010 201760 >

MUNDARIJA / ОГЛАВЛЕНИЕ

GEOTEXNOLOGIYA / ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Шукуров Ш.Р., Зунунов А.Ч., Азизов Л.Ш., Мусаев Г.М. Технология переработки забалансовых руд и отвалов РУ ГМЗ-1 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат»…….. 4

Шафиев Р.У., Шевцов В.М., Жамилов А.Ф., Маликова Н.А. Совершенствование систем доразработки газоконденсатных месторождений на примере ГКМ Алан…….. 9

Насиров У.Ф., Заирова Ф.Ю. Анализ способов взрывания, позволяющих увеличить время взрывного воздействия на массив и улучшить качество дробления горной массы…….…. 12

Умаров Ф.Я., Нутфуллоев Г.С., Катанов И.Б., Кобилов Ш.Б. Совершенствование проектирования буровзрывной подготовки разнопрочных пород на основе георадарного обследования массива…… 16

Умаров Ф.Я., Нутфуллоев Г.С., Катанов И.Б., Кобилов Ш.Б. Анализ способов управления взрывным разрушением массива горных пород скважинными зарядами…….... 19

Жиянов А.Б., Буриев Ш.У. Исследования по определению физико-механических параметров горного массива карьеров Северный и Центральный «Амантайтау»……. 22

GEOLOGIYA / ГЕОЛОГИЯ

Жураев М.Н., Жумагулов А.Б., Темиров Т.Х., Каюмов Б.Б. Особенности магматизма Чакылкалянского рудного района (южный Узбекистан) и их влияние на локализацию апогранитоидного вольфрамового оруденения..... 25

Yusupov A.B., Orolov A.K., Sadirov R.M. Peschanoe konidagi oksidlangan ma'danlarning mineralogik tarkibi va o'ziga xos xususiyatlari……. 31

Каримова Ф.Б., Джуманиязов Д.И. Новые петролого-геохимические данные о месторождении Сарычеку (Алмалыкский рудный район)….. 34

BOYITISH VA METALLURGIYA / ОБОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Хосилов Н.Д., Рузиев Б.Т., Курбонов К.Б., Нурмухамадова Н.Э. Получение концентрата молибдена из отрегенерированного ионита уранового производства……. 39

Якубов М.М., Джумаева Х.Ю., Нурмухаммедов И.С., Хамидуллаев Б.Н. Исследование обогатимости балансовых и забалансовых сортов руд месторождения «Кальмакыр» методом флотации в зависимости от крупности измельчения..... 42

Якубов М.М., Джумаева Х.Ю., Нурмухаммедов И.С., Хамидуллаев Б.Н. Исследование вещественного состава, измельчаемости и флотации при обогащении руд месторождений «Кальмакыр» и «Ёшлик-1»..... 46

Umarov Sh.A., Kuylieva Sh.D. Toshqazgan grafit rudasining hususiyatlarini o'rganish va organik modda yordamida boyitish usullari….. 50

ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Санакулов К., Хамидов Х.И., Ашуров О.Т., Фузайлов О.У. Исследование распределения дисперсных сульфидных частиц при флотации золотосодержащих руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау»……. 52

Ахмедов Х.И., Барановский К.Э., Жумаев А.А. Результаты сравнительных исследований износостойких белых чугунов..... 62

Саййидкосимов С.С., Хакимов А.М. Маркшейдерско-геодезический контроль за процессом проходки тоннелей проходческого механизированного комплекса с помощью электронных тахеометров…….. 66

Курбанов М.А., Рузиев Б.Т., Икрамов Д.З., Нурмухамадова Н.Э. Экстракционная переработка продуктивных растворов кучного выщелачивания черносланцевых руд «Маъданли»…….. 72

Эшкабилов Х.К. Антифрикционные свойства диффузионных нитридоксидных покрытий……. 75

Курбонов О.М., Атакулов Л.Н. Исследование режимных параметров насосных установок с целью снижения энергетических затрат в условиях эксплуатации…….. 79

Sharafutdinov U.Z, Rajabboyev I.M., Uranni qayta ishlash jarayonlariga fosfat ionlarining ta'sirini tadqiq qilish…… 83

ELEKTROENERGETIKA / ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Ataqulov L.N., Haydarov Sh.B., Usmonov M.Z. Bir cho'michli karyer ekskavatorlari cho'michi harakatini optimal ishchi zonasini aniqlash…….. 87

Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Reaktiv quvvat manbalarini o'rnatishning elektr energiyasi sifatiga ta'sirini tahlil qilish……..... 90

Boynazarov G'.G'., Zaripov Sh.U., Muminov R.O., Maxmudov Sh.A. Konchilik korxonalaridagi elektr dvegatellarini ish samaradorligiga chastotali o'zgartirgichlarning tasirini MATLAB simulink da tahlili…… 94

Холбоев Г.О., Атауллаев Н.О., Хамидов А.А., Расулова Б.И. Анализ сетей электроснабжения на высоковольтных распределительных устройствах, с использованием уравнений состояния…… 98

MALUMOT / ИНФОРМАЦИЯ

Vorobyov A.E., Vorobyov K.A., Madaminov A.S. Konchilik oliy o'quv yurtlarini xalqarolashtirish bo'yicha yo'l xaritasini ishlab chiqish xususiyatlari (RF va MOM mamlakatlari)…….. 102

Абдумуминов Д., Аталикова Р. KPMG в Узбекистане – компания «Большой четверки»…….. 107

TABRIKLAR / ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Снитка Николай Павлович – 70 лет..... 112

Хасанов Абдурашид Солиевич – 65 лет…….. 113

Мухиддинов Баходир Фахриддинович – 65 лет…….…… 114

Туресебеков Арпай Халилович – 85 лет…….…… 115

REKLAMA / РЕКЛАМА

На обложке: «Normet international LTD», «INTERTECH Process Technology», KPMG, 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 «UzGEORANGMETLITI».

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

Editorial Board: Belin V.A. (Mining Institute NUST MISIS, Russia), Vorobiev A.G. (Publishing house "Ore and Metals", Russia), Vorobiev A.E. (Grozny State Oil Technical University, Russia), Mishina O.V. (Engineering diverse GMBH, Germany), Dementiev V.E. (JSC "Irkutsk Research Institute of Noble and Rare Metals and Diamonds" Russia), Rakishev B.R. (Nazarbayev University, Kazakhstan), Razykov Z.A. (Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan), Tabakman I.B. (Wenco International Mining Systems, Canada), Shashenko A.N. (National Technical University "Dnipro Polytechnic", Ukraine), Akbarov Kh.A. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), Abdurahmonov S.A. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan), Gulyamov B.V. (State Committee for Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan), Zairov Sh.Sh. (Navoi State Mining 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 "Uzgeorgantmetili", Uzbekistan), Rakhmatov A.B. (Republican specialized scientific and practical medical center for dermenovenerology and cosmetology, Uzbekistan), Sagdieva M.G. (State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Uzbekistan), Sanakulov K.S. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Samadov A.U (Almalyk branch of Tashkent State Technical University, Uzbekistan), Khasanov A.S. (JSC "Almalyk Mining and Metallurgical Plant", Uzbekistan),Snitka N.P. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Turesebekov A.Kh. (Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Uzbekistan), Umarov F.Ya. (Almalyk branch the National University of Science and Technology (MISiS), Hamidov X.I. (Navoi State Mining and Technology University, Uzbekistan), Ergashev U.A. (Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Uzbekistan), Yakubov M.M. (Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan).

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

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

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

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

Nasirov U.F., Zairova F.Yu. Analyses of explosion methods that enable to increase the time of explosion impact on the massif and to improve the quality of rock mass crushing..... 12

ENRICHMENT AND METALLURGY

Khosilov N.D., Ruziev B.T., Kurbonov K.B., Nurmukhamadova N.E. Production of molybdenum concentrate from regenerated ion exchange resin of uranium production..... 39

SCIENTIFIC LABORATORY RESEARCH

Sanakulov K., Hamidov Kh.I., Ashurov O.T., Fuzailov O.U. Investigation of distribution of dispersed sulphide particles during flotation of gold-bearing oresof the «Kokpatas» and «Daugyztau» deposits..... 52

Akhmedov Kh.I., Baranovsky K.E., Zhumaev A.A. Results of comparative studies wear-resistant white cast iron..... 62

Sharafutdinov U.Z., Rajabboyev I.M. Investigation of the effect of phosphate ions on uranium recycling process..... 83

УДК 661.550.4 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.001

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД И ОТВАЛОВ РУ ГМЗ-1 АО «НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

Шукуров Ш.Р.,
младший научный сотрудник
лаборатории «Геохимия» ИГиГ

Зунунов А.Ч.,
младший научный сотрудник
лаборатории «Геохимия» ИГиГ

Азизов Л.Ш.,
начальник
Геологической лаборатории
ЦНИЛ АО «НГМК»

Мусаев Г.М.,
руководитель группы
по внедрению новых технологий
ИЦ по ВНТ АО «НГМК»

Maqolada tasvirlangan ishning maqsadi, gravitatsion-sorbsiya, flotatsion-sorbsiya sxemalari bo'yicha «NGMK» AJ konlarining texnogen chiqindilaridan va balansdan tashqari rudalardan keltirilgan namunalardan oltinni ajratib olish bo'yicha tehnologik laboratoriya tadqiqotlari ko'rsatilgan. Optimal sxemani tanlashda, konsentratlarni va ularning qoldiqlarini xlorli kuydirishdan keyin ajrayib olish ham o'rganildi.

Tayanch iboralar: *balansdan tashqari rudalar va texnogen chiqindilar, qimmatbaho metallarni olish texnologiyasi, sanoat mahsulotlar, gravitatsiya, flotatsiya, sorbsiya, konsentratlarni kuydurish.*

В статье изложена работа, целью которой являлось проведение лабораторных исследований по определению извлечения золота из представленных материалов проб забалансовых руд и отвалов месторождений АО «НГМК» по сорбционной, гравитационно-сорбционной и флотационно-сорбционной схемам. При выборе оптимальной схемы также изучалось извлечение концентратов и их огарков после хлорирующего обжига.

Ключевые слова: *забалансовые руды и отвалы, технология извлечения благородных металлов, промпродукты, гравитация, флотация, сорбция, обжиг концентратов.*

В данной статье представлены результаты лабораторных исследований, проведённых на материалах проб забалансовых руд месторождений «Каракутан», «Колчиктау», «Аджибугут», «Аристантау», «Умид» и «Бешаши» РУ ГМЗ-1.

Целью настоящей работы является проведение лабораторных исследований по определению извлечения золота из предоставленных материалов проб по сорбционной, гравитационно-сорбционной, флотационно-сорбционной схемам.

При выборе оптимальной схемы также изучалось извлечение концентратов и их огарков после хлорирующего обжига.

Для проведения технологических исследований были предоставлены 6 проб забалансовых руд месторождений «Каракутан», «Колчиктау», «Аджибугут», «Аристантау», «Умид» и «Бешаши» РУ ГМЗ-1 в количестве по 70 *кг* каждой.

Результаты лабораторных исследований.

Лабораторные исследования включали в себя:

Таблица 1

Химический состав материала исходных проб

Наименование проб	Содержание элементов, %									
	Au, *г/т*	Ag, *г/т*	$S_{общ.}$	S_S	$Fe_{общ.}$	$C_{общ.}$	$C_{орг.}$	CO_2	As	Sb
«Каракутан»	1,45	3,9	0,67	0,48	3,5	0,42	0,15	1,0	0,15	0,005
«Колчиктау»	0,76	0,6	0,76	<0,2	3,0	0,23	0,12	0,4	<0,09	<0,005
«Аджибугут»	0,94	5,6	0,52	<0,2	3,0	0,15	0,12	0,1	0,22	<0,005
«Аристантау»	1,08	0,4	0,31	<0,2	2,8	0,42	0,17	0,9	<0,09	0,008
«Умид»	0,73	0,2	0,66	0,5	3,4	0,93	0,30	2,3	<0,09	<0,005
«Бешаши»	0,90	0,8	0,70	0,2	4,4	0,22	0,10	0,5	<0,09	0,005

– проведение химического анализа проб;

– определение коэффициента извлечения золота сорбционным цианированием из исходной пробы и огарка исходного материала проб;

– проведение опытов по определению извлечения при флотационном и гравитационном обогащении;

– определение коэффициента извлечения золота из хвостов обогащения и полученных концентратов;

– проведение опытов по обжигу продуктов обогащения и определения коэффициента извлечения золота огарков [1-4].

Результаты химического анализа исходных проб представлены в *табл. 1*.

Сорбционное цианирование исходных проб. В *табл. 2* приведены результаты сорбционного цианирования материала исходных проб.

Сорбционное цианирование проводилось на предварительно измельченных навесках (помол 80% класса -0,074 *мм*) по схеме «смола в голову» процесса при 18 *ч*, загрузка смолы 3%, начальная концентрация цианистого натрия 250 *мг/л*.

Полученные результаты показали, что извлечение золота по схеме переработки прямой сорбции в режиме ГМЗ-1 в целом получено от 53,1% до 84,8%, кроме руды месторождения «Умид», извлечение в которой составило 5,5%.

Содержание золота в хвостах сорбции составило от 0,19 *г/т* (руда месторождения «Аджибугут») до 0,69 *г/т* (руда месторождения «Умид»).

Далее, согласно программы, проводился обжиг исходной пробы в течение 4-х *ч* при температуре 550ºС на измельченном материале с добавлением поваренной соли (NaCl) в соотношении 1:10.

Таблица 2

Результаты сорбционного цианирования исходных проб

Наименование продуктов	Показатели цианирования				Результаты цианирования				
	время сорбционного цианирования, ч	концентрация NaCN, *мг/л*		pH	Содержание Au, *г/т*		Извлечение Au, %	Расход реагентов, *кг/т* (100%)	
		начальная	конечная		исх.	в хвостах сорбции		NaCN	CaO
«Каракутан»	18,0	250	250	10,8	1,45	0,22	84,8	0,90	1,72
«Колчиктау»	18,0	250	250	10,9	0,76	0,24	68,4	0,90	2,27
«Аджибугут»	18,0	250	250	10,9	0,94	0,19	79,8	0,84	2,40
«Аристантау»	18,0	250	250	10,9	1,08	0,46	57,4	0,86	1,63
«Умид»	18,0	250	250	10,9	0,73	0,69	5,5	0,90	2,48
«Бешаши»	18,0	250	250	10,9	0,90	0,27	70,0	0,81	2,11

Таблица 3

Результаты сорбционного цианирования огарков исходных проб

Наименование продуктов	Показатели цианирования				Результаты цианирования				
	время сорбционного цианирования, ч	концентрация NaCN, *мг/л*		pH	содержание Au, *г/т*		извлечение Au, %	расход реагентов, *кг/т* (100%)	
		начальная	конечная		исх.	в хвостах сорбции		NaCN	CaO
Огарок Каракутан (потери – 2,73%)	18,0	250	250	10,5	1,49	0,18	87,9	0,52	7,93
Огарок Кальчиктау (потери – 2,05%)	18,0	250	245	10,6	0,78	0,20	74,4	0,54	8,88
Огарок Аджибугут (потери – 3,6%)	18,0	250	250	10,6	0,98	0,16	83,7	0,54	9,73
Огарок Аристантау (потери – 3,86%)	18,0	250	245	10,6	1,12	0,50	55,4	0,55	7,74
Огарок Умид (потери – 2,4%)	18,0	250	250	10,55	0,75	0,31	58,7	0,54	7,58
Огарок Бешаши (потери – 6,82)	18,0	250	250	10,8	0,97	0,32	67,0	0,55	8,87

Таблица 4

Результаты сорбционного цианирования хвостов флотации

Наименование продуктов	Показатели цианирования				Результаты цианирования				
	время сорбционного цианирования, ч	концентрация NaCN, *мг/л*		pH	содержание Au, *г/т*		извлечение Au, %	расход реагентов, *кг/т* (100%)	
		начальная	конечная		исх.	в хвостах сорбции		NaCN	CaO
Хв. фл. «Каракутан»	18,0	250	250	10,5	0,39	0,15	**61,5**	3,23	1,73
Хв. фл. «Колчиктау»	18,0	250	250	10,6	0,40	0,21	**47,5**	3,07	1,55
Хв. фл. «Аджибугут»	18,0	250	250	10,6	0,36	0,13	**63,9**	3,04	2,33
Хв. фл. «Аристантау»	18,0	250	250	10,5	0,68	0,32	**52,9**	2,84	1,70
Хв. фл. «Умид»	18,0	250	250	10,7	0,45	0,33	**26,7**	2,48	1,68
Хв. фл. «Бешаши»	18,0	250	250	10,6	0,65	0,23	**64,6**	3,27	2,32

Таблица 5

Результаты сорбционного цианирования хвостов гравитации

Наименование пробы	Загрузка смолы, %	Показатели цианирования				Результаты цианирования				
		время сорбционного цианирования, ч	концентрация NaCN, *мг/л*		pH	содержание Au, *г/т*		извлечение Au, %	расход реагентов, *кг/т* (100%)	
			начальная	конечная		исх.	в хвостах сорбции		NaCN	CaO
Хв. грав. «Каракутан»	3	18,0	250	250	10,5	0,72	0,18	75,0	2,60	1,93
Хв. грав. «Колчиктау»	3	18,0	250	250	10,9	0,52	0,20	63,0	2,32	2,88
Хв. грав. «Аджибугут»	3	18,0	250	250	10,6	0,67	0,12	82,1	3,06	2,01
Хв. грав. «Аристантау»	3	18,0	250	250	10,5	0,99	0,41	58,6	2,46	1,69
Хв. грав. «Умид»	3	18,0	250	250	10,8	0,45	0,38	20,8	2,52	1,46
Хв. грав. «Бешаши»	3	18,0	250	250	10,6	0,92	0,24	71,1	2,50	1,61

В *табл. 3* приведены результаты сорбционного цианирования материала огарков исходных проб руд.

Извлечение золота по схеме прямой сорбции огарка в сравнении с извлечением из исходной руды повышается для руд месторождений: «Каракутан», «Колчиктау», «Аджибугут» «Умид» на 3,1%, 6,0%, 3,9% и 53,2% соответственно.

Извлечение золота по схеме прямой сорбции огарка в сравнении с извлечением из исходной руды снижается для руд месторождений «Аристантау» и «Бешаши» на 2,0% и 3,0% соответственно.

Флотационное обогащение. При проведении опытов по флотационному обогащению исходной руды опыты были поставлены по стандартному реагентному режиму (исходный помол, расход бутилового ксантогената – 120, 70 и 0 *г/т*, расход Т-92 – 100, 60 и 15 *г/т*, время флотации по 10 *мин.* соответственно для основной, I-контрольной и II – контрольной флотации).

Извлечение золота во флотоконцентрат по стандартной схеме из исходных проб забалансовых руд ГМЗ-1 получено от 38,79% для руды месторождения «Бешаши» до 75,85% для руды месторожде-

ния «Каракутан». По поставленным опытам по флотации видна хорошая эффективность на рудах месторождений «Каракутан», «Аджибугут» и «Колчиктау»; средняя эффективность – на рудах месторождений «Аристантау», «Умид» и «Бешаши».

В *табл. 4* представлены результаты сорбционного цианирования полученных хвостов флотации.

Извлечение золота из хвостов флотации забалансовых руд различных месторождений ГМЗ-1 от операции составило от 26,7% («Умид») до 64,6% («Бешаши»).

Сквозное извлечение золота из материала забалансовых руд различных месторождений ГМЗ-1 по флотационно-сорбционной схеме, без учёта извлечения из флотоконцентрата, показало следующее: для забалансовых руд месторождения «Каракутан» – 90,7%; для забалансовых руд месторождения «Колчиктау» – 76,2%; для забалансовых руд месторождения «Аджибугут» – 88,4%; для забалансовых руд месторождения «Аристантау» – 74,1%; для забалансовых руд месторождения «Умид» – 59,4%; для забалансовых руд месторождения «Бешаши» – 78,3%.

Гравитационное обогащение. Далее в соответствии с программой были проведены опыты по гравитационному обогащению руды на центробежном концентраторе «Knelson» при трёхкратном концентрировании. Опыты ставились при прямом обогащении руды (проведено трёхкратное концентрирование на материале измельченном до 80% класса -0,074 *мм*). При трёхкратном концентрировании в условиях интенсивной гравитации на концентраторе «Knelson», предназначенном для улавливания тонкого золота гравитация показала хорошую эффективность на рудах месторождения «Каракутан», среднюю эффективность – на рудах месторождений «Аджибугут», «Колчиктау» и «Умид»; низкую эффективность – на рудах месторождений «Аристантау» и «Бешаши».

В *табл. 5* представлены результаты сорбционного цианирования хвостов гравитации. При сорбционном цианировании в течение 28 *ч*, при концентрации цианида 1000 *мг/л* по схеме «смола в голову» извлечение от операции из хвостов гравитации забалансовых руд получено различное от 20,8% («Умид») до 82,1% («Аджибугут»). Сквозное извлечение золота из материала забалансовых руд различных месторождений ГМЗ-1 по гравитационно-сорбционной схеме, без учёта извлечения из гравиоконцентрата, показло следующее: для забалансовых руд месторождения «Каракутан» – 87,9%; для забалансовых руд месторождения «Колчиктау» – 74,4%; для забалансовых руд месторождения «Аджибугут» – 87,6%; для забалансовых руд месторождения «Аристантау» – 62,3%; для забалансовых руд месторождения «Умид» – 49,1%; для забалансовых руд месторождения «Бешаши» – 74,0%.

Определение коэффициента излечения золота из концентрата и его огарка после хлорирующего обжига. Извлечение по флотационно-сорбционной схеме оказалось выше, чем по гравитационно-сорбционной схеме, вследствие проведённых исследований работы по наработке гравиоконцентрата и определения извлечения из него были нерациональны и проведены не были.

Согласно утверждённой программе были проведены исследования по определению извлечения золота при сорбционном цианировании флотоконцентратов и их огарков, для чего были наработаны флотоконцентраты забалансовых руд. Обжиг концентрата проводился в течение 4-х *ч*, при температуре 550ºС на исходном материале с добавлением поваренной соли (NaCl) в соотношении 1:5.

Результаты химического анализа полученного флотоконцентрата представлены в *табл. 6*.

Было проведено сорбционное цианирование флотоконцентратов и продуктов хлорирующего обжига по схеме «смола в голову» процесса, в течение 36 *ч*, при концентрации цианида 3000 *мг/л* с корректировкой 1 раз в два часа, при загрузке смолы 10%.

Результаты сорбционного цианирования флотоконцентратов и их огарков представлены в *табл. 7*.

Извлечение золота из исходных флотоконцентратов составило от 18,6% (Ф/К «Умид») до 95,7% (Ф/К «Бешаши»). Извлечение золота из огарков флотоконцентратов составило от 40,4% (огарок Ф/К «Умид») до 84,8% (огарок Ф/К «Каракутан»). На извлечение золота из флотоконцентратов руд месторождений «Аристантау» и «Умид», обжиг оказал положительный эффект повысив его на 1,9% и 21,8% соответственно. На извлечение золота из флотоконцентратов руд остальных месторождений обжиг оказал негативный эффект снизив его на 5,9%, 12,7%, 14,4% и 16,6% соответственно для флотоконцентратов руд месторождений «Каракутан», «Колчиктау», «Аджибугут» и «Бешаши».

Расчётное сквозное извлечение золота из материала забалансовых руд различных месторождений ГМЗ-1 по флотационно-сорбционной схеме показало следующее: для забалансовых руд

Таблица 6

Химический состав наработанных флотоконцентратов

Наименование проб	Содержание элементов, %									
	Au, *г/т*	Ag, *г/т*	$S_{общ.}$	S_S	$Fe_{общ.}$	$C_{общ.}$	$C_{орг.}$	CO_2	As	Sb
Ф/К «Каракутан»	18,0	63,0	10,4	8,1	6,0	1,2	0,95	0,92	0,89	0,030
Ф/К «Колчиктау»	8,4	6,5	3,0	2,3	5,2	0,51	0,34	0,62	0,26	<0,005
Ф/К «Аджибугут»	6,2	34,0	1,1	0,55	4,7	0,31	0,29	<0,1	0,34	<0,005
Ф/К «Аристантау»	7,5	2,0	2,0	1,6	4,0	1,4	0,93	1,72	0,18	0,01
Ф/К «Умид»	5,1	1,4	4,7	3,4	6,5	2,4	2,0	1,47	0,28	0,012
Ф/К «Бешаши»	7,6	0,9	1,4	0,37	4,0	0,31	0,15	0,59	0,13	0,006

Таблица 7

Результаты сорбционного цианирования флотоконцентратов и их огарков

Наименование пробы	Загрузка смолы, %	Показатели цианирования				Результаты цианирования				
		время сорб. цианир., ч	конц-ия NaCN, *г/л*		pH	содержание Au, *г/т*		извлечение Au, %	расход реагентов, *кг/т* (100%)	
			нач.	конеч.		исх.	в хв. сорбции		NaCN	CaO
Ф/К «Каракутан»	10	36	3,0	2,95	10,7	18,0	1,68	**90,7**	14,5	4,0
Ф/К «Колчиктау»	10		3,0	3,0	10,9	8,4	0,8	**90,5**	13,6	3,73
Ф/К «Аджибугут»	10		3,0	3,0	10,9	6,2	0,26	**95,8**	14,24	3,54
Ф/К «Аристантау»	10		3,0	2,9	10,9	7,5	1,89	**74,8**	13,77	2,98
Ф/К «Умид»	10		3,0	3,0	10,9	5,1	4,15	**18,6**	14,22	3,25
Ф/К «Бешаши»	10		3,0	3,0	10,9	7,6	0,33	**95,7**	13,6	2,41
Огарок Ф/К «Каракутан» (потери-1,82%)	10		3,0	3,0	10,7	18,3	2,78	**84,8**	13,65	5,74
Огарок Ф/К «Колчиктау» (потери-4,0%)	10		3,0	3,0	10,5	8,75	1,94	**77,8**	12,1	5,63
Огарок Ф/К «Аджибугут» (потери-2,73%)	10		3,0	2,9	10,5	6,4	1,19	**81,4**	12,53	1,79
Огарок Ф/К «Аристантау» (потери-5,27%)	10		3,0	2,9	10,5	7,9	1,84	**76,7**	10,1	1,59
Огарок Ф/К «Умид» (потери-3,09%)	10		3,0	3,0	10,7	5,3	3,16	**40,4**	13,58	2,07
Огарок Ф/К «Бешаши» (потери-3,64%)	10		3,0	3,0	10,7	7,9	1,65	**79,1**	12,61	3,77

месторождения «Каракутан» без обжига ФК – 83,7%, с обжигом – 79,2%; для забалансовых руд месторождения «Колчиктау» без обжига ФК – 71,0%, с обжигом – 64,1%; для забалансовых руд месторождения «Аджибугут» без обжига ФК – 85,6%, с обжигом – 75,8%; для забалансовых руд месторождения «Аристантау» без обжига ФК – 62,8%, с обжигом – 63,6%; для забалансовых руд месторождения «Умид» без обжига ФК – 23,1%, с обжигом – 32,8%; для забалансовых руд месторождения «Бешаши» без обжига ФК – 76,7%, с обжигом – 70,2%.

Для составления обобщающих выводов была составлена сводная таблица, в которой приведены данные по определённым в процессе исследований коэффициентам извлечения золота из забалансовых руд месторождений (*табл. 8*):

Наиболее оптимальной схемой для переработки забалансовых руд: для месторождения «Каракутан» является схема прямой сорбции и флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 84,8% и 83,7% соответственно; для месторождения «Колчиктау» является схема прямой сорбции огарка хлорирующего обжига и флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 74,4% и 71,0% соответственно; для месторождения «Аджибугут» – схема прямой сорбции огарка хлорирующего обжига и флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 83,7% и 85,6% соответственно; для месторождения «Аристантау» – флотационно-сорбционная схема с обжигом концентрата с коэффициентом извлечения 63,6%; для месторождения «Умид» – схема прямой сорбции огарка хлорирующего обжига с коэффициентом извлечения 58,7%; месторождения «Бешаши» – флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 76,7%.

Для составления обобщающих выводов была составлена сводная таблица, в которой приведены данные по определенным в процессе исследований коэффициентам извлечения золота из забалансовых руд месторождений (*табл. 8*):

Наиболее оптимальной схемой для переработки забалансовых руд:

– месторождения «Каракутан» является схема прямой сорбции и флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 84,8% и 83,7% соответственно;

– месторождения «Колчиктау» является схема прямой сорбции огарка хлорирующего обжига и флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 74,4% и 71,0% соответственно;

– месторождения «Аджибугут» – схема прямой сорбции огарка хлорирующего обжига и флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 83,7% и 85,6% соответственно;

– месторождения «Аристантау» – флотационно-сорбционная схема с обжигом концентрата с коэффициентом извлечения 63,6%;

– месторождения «Умид» – схема прямой сорбции огарка хлорирующего обжига с коэффициентом извлечения 58,7%;

– месторождения «Бешаши» – флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата с коэффициентом извлечения 76,7%.

В результате проведённых технологических испытаний по разработанной нами методике обогащения забалансовых золотосеребросодержащих руд были получены промпродукты (гравиоконцентраты и флотоконцентраты).

Данные промпродукты подверглись детальным аналогическим исследованиям (спектральный анализ, масс-спектрометрия, рентгенофазовый анализ, микрозондирование), которые раскрыли химический и минеральный «образ» забалансовых руд золотосодержащих месторождений АО «НГМК».

Геохимическая система элементов по данным масс-спектрометрического анализа матрицы вмещающих пород забалансовых и полученных промпродуктов после их технологического передела (гравиоконцентраты и флотоконцентраты) являются идентичными по своей сущности. По минеральному составу забалансовые руды месторождения Каракутан относятся к песчано-карбонатному типу, а другие забалансовые руды относятся к песчаниковому типу с незначительным содержанием карбонатных минералов.

По результатам пробирного и масс-спектрометрического анализа было установлено, что полученные гравиоконцентраты и флотоконцентраты являются по содержанию ценными техногенными промпродуктами, особенно по золоту, серебру, молибдену, селену. Среднее содержание золота в промпродуктах колеблется от 1,70 *г/т* до 10 *г/т* в среднем составляет (3,6 *г/т*), серебро колеблется от 1,20 до 46,0 *г/т*, в среднем составляет 13,2 *г/т*.

Гравиоконцентраты и флотоконцентраты, полученные из забалансовых руд месторождения Каракутан, являются высоко комплексным золото-серебро-мышьяк-сурьма-селен-молибденовым техногенным промпродуктом.

Гравиоконцентрат и флотоконцентрат забалансовых руд месторождения Умид являются золото-серебро-мышьяковым техногенным промпродуктом.

Гравиоконцентрат и флотоконцентрат забалансовых руд месторождения Кольчектау также является золото-серебро-мышьяковым техногенным промпродуктом.

Гравиоконцентрат и флотоконцентрат забалансовых руд месторождения Аджибугут относится к высоко комплексному золото-серебро-мышьяк-молибден-селеновому промпродукту.

Гравиаконцентрат и флотоконцентрат забалансовых руд месторождения Бешаши относится также к высококомплексному золото-серебро-мышьяково-молибден-селеновому промпродукту.

Гравиоконцентрат и флотоконцентрат месторождения Аристантау относится к золото-серебро-мышьяково-селеновому промпродукту.

По данным рентгенофазового анализа и микрозондирования в гравиоконцентратах и флотоконцентратах были установлены формы нахождения элементов матрицы вмещающих пород, а также основных промышленно ценных благородных (золота и серебра) и

Таблица 8

Химический состав наработанных флотоконцентратов

Забалансовые руды месторождения	Извлечение золота по схеме, %					
	прямое сорбционное цианирование	хлорирующий обжиг и сорбционное цианирование огарка	гравитационно-сорбционная схема без учета извлечения из концентрата	флотационно-сорбционная схема без учета извлечения из концентрата	флотационно-сорбционная схема без обжига концентрата	Флотационно-сорбционная схема с обжигом концентрата
«Каракутан»	84,8	87,9	87,9	90,7	83,7	79,2
«Колчиктау»	68,4	74,4	74,4	76,2	71,0	64,1
«Аджибугут»	79,8	83,7	87,6	88,4	85,6	75,8
«Аристанта»	57,4	55,4	62,3	74,1	62,8	63,6
«Умид»	5,5	58,7	49,1	59,4	23,1	32,8
«Бешаши»	70,0	67,0	74,0	78,3	76,7	70,2

продуктивных элементов: Cu, Zn, Pb, As, Sn, Sb, Se, Te, W, P и редкоземельных элементов:

Для золота установлены минеральные формы: интерметаллид, золото и серебро (Au_1 Ag). Для серебра установлена минеральная форма: самородное серебро, пираргирит, накасеит, науманит, гёссит, рамдорит, Ag – тетраэдрит и акантит. Для молибдена установлены минеральные формы: молибденит и ферримолибдит.

Для селена установлены минеральные формы: селенит, клаусталит, науманит, Se-селенит. Для мышьяка установлены минеральные формы: арсенопирит, лелингит, тенаматит, шультенит, скородит. Для вольфрама установлена минеральная форма: шеелит. Для олова установлена минеральная форма: касситерит и родостанин.

Для сурьмы установлена минеральная форма: тетраэурит, накассаит, бурнанит, ромдорит. Для теллура установлена минеральная форма: гессит.

Для редкоземельных элементов установлена минеральная форма: апатит, монацит, калкинскит.

Библиографический список:

1. Изойтко И.М., Шендерович Е.И. Особенности геолого-технологической оценки и переработки руд крупных и уникальных техногенных месторождений. Тезисы докладов Международного симпозиума «Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов». С.-Пб. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1986. – С. 22.

2. Санакулов К.С. О возможности извлечения благородных и цветных металлов из отходов обогатительной фабрики. Горный вестник Узбекистана. – № 3 (74). – Навои, 218. – С. 3-5.

3. Туресебеков А.Х., Шарипов Х.Т., Ткаченко Е.С. и др. Технологическая минералогия золотосульфидных месторождений черносланцевых толщ Узбекистана. IX Российский семинар «Технологическая минералогия природных и техногенных месторождений. – Магнитогорск 22-24 апреля 2014.

4. Туресебеков А.Х., Шукуров Ш.Р., Шарипов Х.Т. Методика изучения ландшафтно-минералого-геохимических систем и экогеохимия техногенных отходов Алмалык-Ангренского горнорудного района. Российская конференция с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии», 18-20 мая 2022 г.

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

УДК 622.279 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.002

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ДОРАЗРАБОТКИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГКМ АЛАН

Шафиев Р.У.,
секретарь
научно-технического совета
АО «O'ZLITINEFTGAZ»

Шевцов В.М.,
ведущий научный сотрудник
отдела разработки месторождений
АО «O'ZLITINEFTGAZ»

Жамилов А.Ф.,
главный специалист
отдела разработки месторождений
АО «O'ZLITINEFTGAZ»

Маликова Н.А.,
инженер
отдела разработки месторождений
АО «O'ZLITINEFTGAZ»

Hozirgi vaqtda gaz qazib oluvchi korxonalar geologik zaxiralarini maksimal darajada tiklash uchun gaz kondensati konlarini (GKK) qo'shimcha o'zlashtirish tizimlarini takomillashtirish bilan bog'liq innovatsion texnologiyalarni faol ravishda izlamoqda. Shu munosabat bilan neft va gaz sanoatining ustuvor vazifalaridan biri tabiiy gaz va kondensat ishlab chiqarishni ko'paytirishni ta'minlash va ularning zaxiralarini qayta tiklashning yuqori yakuniy ko'rsatkichlariga erishish uchun konlarni qo'shimcha o'zlashtirish tizimini takomillashtirishdan iboratdir.

Tayanch iboralar: *gaz kondensati konlarini qo'shimcha o'zlashtirish, o'zlashtirishning yakuniy bosqichi, yon tana kesishi, gorizontal tana uzunliklari, yon tana azimuti, oqim chizig'i, geologik va gidrodinamik modellashtirish, burg'ulash eritmaning kirib borishi.*

В настоящее время газодобывающие компании находятся в активном поиске инновационных технологий, связанных с совершенствованием систем доразработки газоконденсатных месторождений (ГКМ) для максимизации извлечения их геологических запасов. В связи с этим, одной из приоритетных задач нефтегазовой отрасли является усовершенствование системы доразработки месторождений с целью обеспечения прироста добычи природного газа и конденсата и достижения высоких конечных значений коэффициентов извлечения их запасов.

Ключевые слова: *доразработка газоконденсатных месторождений, завершающая стадия разработки, зарезка бокового ствола, длина горизонтального участка, азимут бокового ствола, поточная линия, геолого-гидродинамическое моделирование, проникновение бурового раствора.*

Задача совершенствования системы доразработки газоконденсатного месторождения (ГКМ), с целью достижения максимальных коэффициентов извлечения их геологических запасов (КИГ и КИК), с наибольшей экономической эффективностью, является одной из приоритетных для газодобывающих компаний.

В Узбекистане основные газодобывающие месторождения находятся на завершающей стадии разработки с выработанностью запасов 60% и выше. На основе изучения текущего состояния разработки ГКМ Узбекистана, с использованием 3D геолого-гидродинамических моделей, установлено неравномерное дренирование извлекаемых запасов. Это в большей степени связано с несвоевременным разбуриванием и разряжённой сеткой эксплуатационных скважин для поддержания проектных темпов добычи газа.

На месторождениях наблюдается выбытие большого числа скважин по различным причинам и естественного развития депрессионной воронкой поля пластового давления. Для возврата таких скважин в эксплуатацию требуется выполнить капитальный ремонт (водоизоляция и другие мероприятия) по восстановлению продуктивности скважин. К настоящему времени фонд бездействующих скважин в системе АО «Узбекнефтегаз» составляет более одной тысячи [1] (*рис. 1*).

Одним из направлений усовершенствования систем доразработки месторождений углеводородов, повышающих степень извлечения запасов газа и газового конденсата из слабодренируемых зон пласта, является наклонно-направленное бурение с горизонтальным окончанием при выполнении высокотехнологического КРС по восстановлению бездействующего фонда скважин [2].

В АО «O'ZLITINEFTGAZ» создана методика проектирования разработки газовых месторождений на поздней стадии [3], заключающаяся в восстановлении действующего фонда путём возврата простаивающих скважин посредством высокотехнологического ремонта с зарезкой бокового ствола (ЗБС), вместо дорогостоящего строительства новых скважин. Методика предусматривает выполнение ряда последовательных действий включающих выбор скважин-кандидатов на ЗБС, обоснование профиля бокового ствола

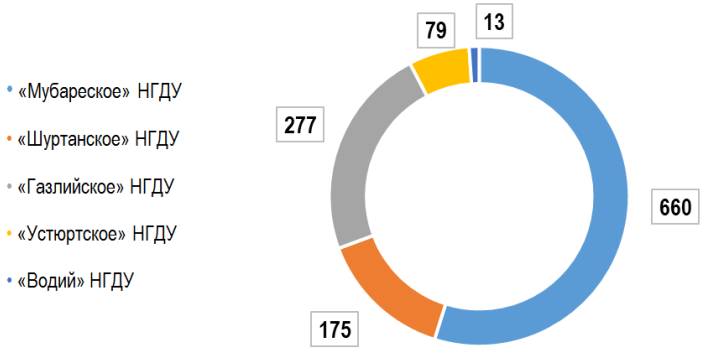


Рис. 1. Бездействующий фонд газовых скважин на балансе предприятий АО «Узбекнефтегаз»

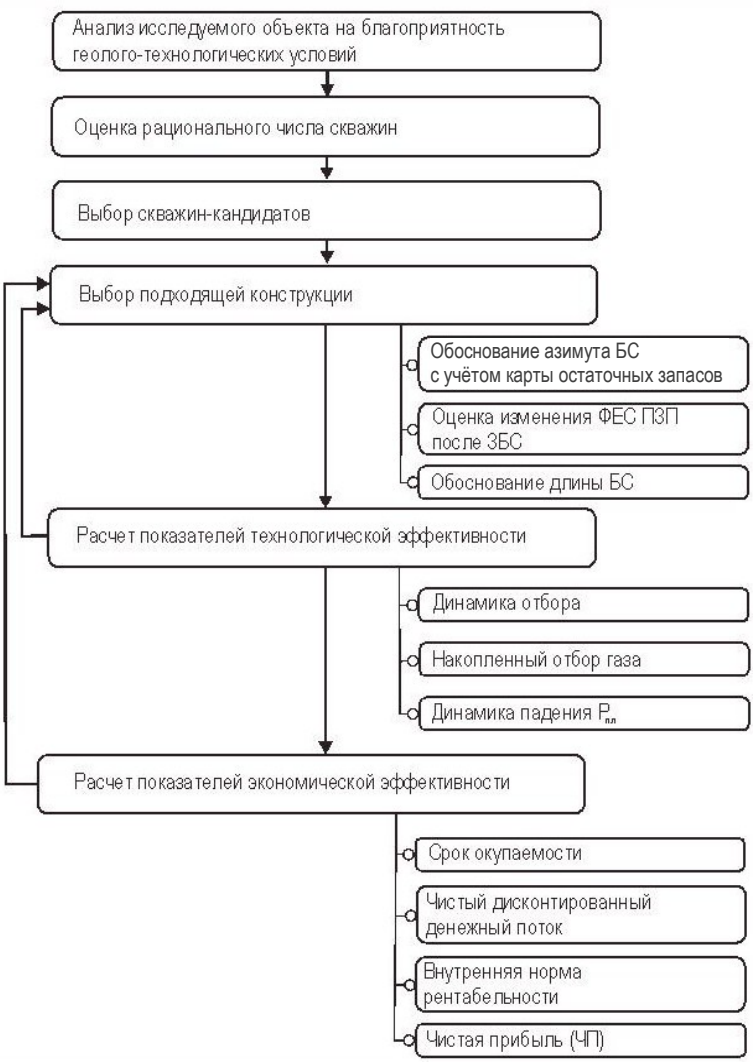


Рис. 2. Блок схема алгоритма проектирования разработки месторождения с учетом восстановления скважин с зарезкой бокового ствола

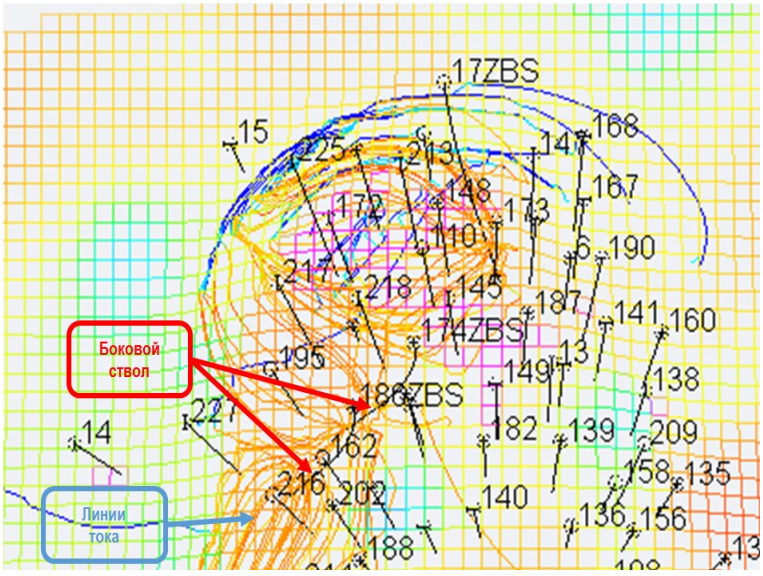


Рис. 3. Структура потока флюида к скважинам в ГДМ месторождения Алан согласно функции Streamline

(БС), длины его горизонтального участка и азимутального направления, оценку дебита скважин с БС, оценку технологического и экономического эффекта от мероприятия, с учётом интерференции с соседними газодобывающими скважинами.

Все стадии проектирования с учётом взаимосвязи этапов проектирования системы доразработки газоконденсатного месторождения с применением ЗБС приведены в созданной блок-схеме на *рис. 2.*

За критерий эффективности проекта доразработки ГКМ с внедрением мероприятия по высокотехнологическому КРС по возврату простаивающих скважин из фонда бездействующих применён принцип получения максимума денежного потока (ЧДД) от разработки залежи. При этом обосновывается количество скважин, подлежащих ЗБС для обеспечения оптимального действующего фонда [4].

Важным звеном методики является анализ всего фонда простаивающих скважин и выборка скважин-кандидатов для проведения ГТМ по ЗБС с учётом факторов:

– достижения оптимальности плотности сетки эксплуатационных скважин;

– хорошее техническое состояние скважин;

– потенциал по остаточным запасам газа на ГКМ (главное условие составления проекта доразработки);

– наличие приемлемых фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС) рассматриваемой дренируемой зоны залежи;

– наличие последних результатов исследований скважин.

При всём этом, к скважине-кандидату для ЗБС предъявляются особые требования, с целью минимизации рисков во время ремонта и эксплуатации:

– время работы скважины после последнего ремонта до выхода из строя;

– прочность конструкции;

– количество выполненных ремонтных работ;

– виды ремонтных работ;

– история осложнений при эксплуатации;

– инклинометрия ствола скважины;

– возможность проведения в будущем других видов ремонтных работ для восстановления продуктивности скважины.

Перечисленное выше позволит повысить качество и объективность принятия решений при проектировании ЗБС [5].

После выявления скважин-кандидатов для ЗБС приступают к определению профиля бокового ствола, его длины и азимута. При использовании геолого-гидродинамической модели для определения длины горизонтального участка, оценку технико-экономического эффекта от этого мероприятия следует провести в два этапа:

– определяется величина дебита для некоторых фиксированных значений длины горизонтальной части, т.е. Q_i при $L=L_i$, i=1,…., n;

– определяется технико-экономическая эффективность вариантов с различной длиной горизонтальной части [5].

В данной статье рассмотрен метод определения оптимального азимута зарезки бокового ствола на базе геолого-гидродинамического моделирования залежи с применением функции линии тока на примере ГКМ

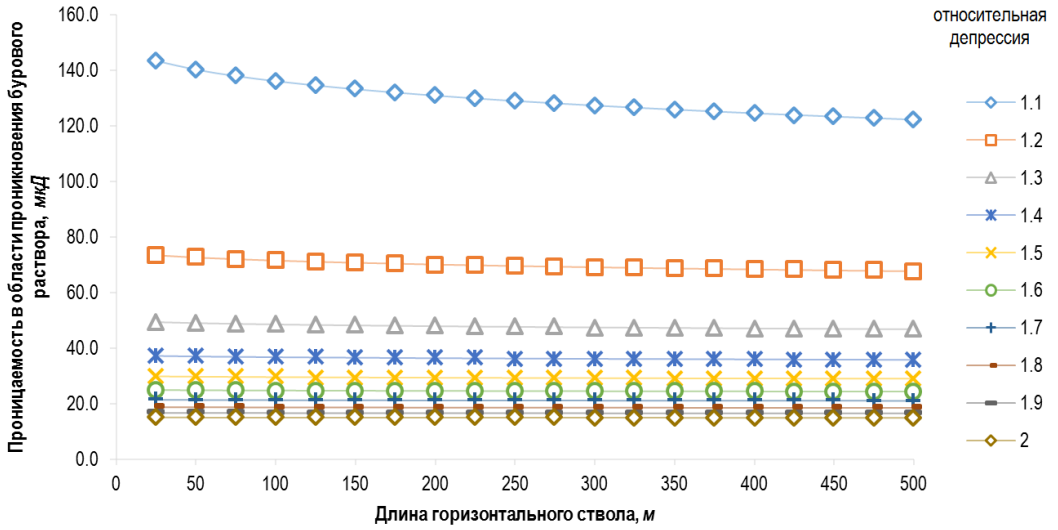


Рис. 4. Зависимость изменения проницаемости призабойной зоны пласта ГКМ Алан от длины бокового ствола при относительных депрессиях

Алан. Выбор азимута, проектируемого БС при зарезке бокового окна в вертикальной скважине, осуществляется строго в увязке с геолого-гидродинамической моделью месторождения с использованием функции линии тока Streamline в симуляторе Petrel компании Schlumberger [6]. Линия тока – это семейство кривых, которые мгновенно ориентируются по направлениям вектора скорости потока. Они показывают направление, в котором флюид будет перемещаться в любой момент времени (*рис. 3*).

Проникновение бурового раствора или его фильтрата в продуктивный пласт и набухание глинистых частиц межзернового цементирующего материала коллектора приводят к ухудшению проницаемости прискважинной зоны при ЗБС [7]. Снижение фильтрационных свойств ПЗП, в свою очередь обуславливает снижение производительности скважины. Чтобы оценить ухудшение фильтрационно-ёмкостных свойств при ЗБС, на основе ранее проведённых ГДИ вертикальных скважин-кандидатов при разных длинах бокового ствола и разных относительных депрессиях:

$$\left(\frac{\Delta P_{c_кал}}{\Delta P_{без_кал}}\right)$$

были выполнены расчёты проницаемости ПЗП, результаты которых приведены на *рис. 4*. Для оценки эффективности применения ЗБС с учётом найденных проектных решений, в том числе по конструкции, длине горизонтального участка, профилю скважин с БС, азимуту для ЗБС, для отобранных 8 скважин-кандидатов на ГКМ Алан (скв. 17, 101, 114, 122, 161, 174, 177, 186) – выполнены прогнозные расчёты по трём вариантам доразработки газовой залежи, при условии наличия компрессорных агрегатов и надземного обустройства месторождения.

Базовый вариант – доразработка имеющимся фондом скважин. Традиционный вариант – доразработка залежи осуществляется имеющимся фондом и с учётом бурения 8 новых вертикальных скважин в зоне наибольших остаточных запасов УВ. Предлагаемый вариант – доразработка залежи осуществляется имеющимся фондом скважин с учётом проведения ГТМ по ЗБС в 8 скважинах-кандидатах.

По результатам прогнозных расчётов технологических показателей доразработки установлено, что бурение новых вертикальных скважин позволит увеличить КИГ к концу рассматриваемого периода на 0,3% (90,2% в традиционном варианте против 89,9% в базовом варианте). Проведение мероприятий по ЗБС позволит увеличить КИГ к концу рассматриваемого периода на 0,4% (90,3% в предложенном варианте против 89,9% в базовом варианте и 90,2% в традиционном варианте). Увеличение КИГ указывает на технологическую эффективность предлагаемых решений, однако окончательные выводы об эффективности варианта с применением ЗБС для разработки ГКМ Алан можно сделать только после внедрения.

Восстановление простаивающих и/или малодебитных скважин путём высокотехнологического ремонта с применением зарезки бокового ствола (ЗБС) с горизонтальным окончанием в слабодренируемых зонах с наибольшими остаточными запасами природного газа позволяет увеличить удельные дренируемые запасы, приходящиеся на одну скважину и обеспечить высокий КИГ и КИК по месторождению, а также оптимизировать инвестиционные затраты.

Библиографический список:

1. Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйдельнант Н.К. Современное состояние и перспективы развития геологоразведочных работ на нефть и газ в Бухаро-Хивинском регионе республики Узбекистан. Нефтегазовая геология. Теория и практика. – Санкт-Петербург: «ВНИГРИ», 2019. – С. 22-28.

2. Нижегородова В.А. Отечественный и зарубежный опыт применения зарезки боковых стволов с горизонтальным окончанием для совершенствования системы разработки месторождения // Проблемы науки. – Москва, 2019. – С. 5-7.

3. Суннатов М.С., Беков Б.Х., Шевцов В.М., Жамилов А.Ф., Маликова Н.А. Ts 17488460-079:2022 Методика выбора газовых и нефтяных скважин для высокотехнологического ремонта с применением зарезки бокового ствола (ЗБС). – Ташкент: АО «O'ZLITINEFTGAZ», 2022. – 20 с.

4. Жамилов А.Ф., Маликова Н.А. Критерии выбора скважины-кандидата для строительства бокового ствола в стадии доразработки на примере одного месторождения Мубарекской группы. Материалы республиканской научно-технической конференции «Роль науки и образования в модернизации предприятий нефтегазовой отрасли. – Ташкент, 2021. – С. 524-528.

5. Повалихин А.С., Камский П.Э., Козлов А.В., Глушич В.Г. Вскрытие наклонно залегающих продуктивных пластов горизонтальным БС // Нефтегазовые технологии. – Москва: «Gulf Publishing Company», 2000. – С. 45.

6. Жамилов А.Ф., Маликова Н.А. Выбор направления зарезки бокового горизонтального ствола скважины с помощью модели линий тока на примере месторождения Мубарекской группы // O'zbekiston neft va gaz jurnali. – Ташкент: «CHEVY MOTORS», 2021. – С. 18-20.

7. Мирзаджанзаде А.Х., Дурмишьян А.Г., Ковалев А.Г., Аллахвердиев Т.А. Разработка газоконденсатных месторождений. – Москва: «Недра», 1967. – С. 228-232; 343.

УДК 622.235 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.003

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЗРЫВАНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ УВЕЛИЧИТЬ ВРЕМЯ ВЗРЫВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАССИВ И УЛУЧШИТЬ КАЧЕСТВО ДРОБЛЕНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ

Насиров У.Ф.,
зам. директора
по научной работе и инновациям
АФ НИТУ «МИСИС»,
д.т.н.

Заирова Ф.Ю.,
инженер
ИЦВНТ АО «НГМК»

Portlashning tosh massasiga ta'sir qilish vaqtining oshishi asosiy omillardan biri bo'lib, buning natijasida tog' jinslarining yuqori sifatli maydalanishi va uning etarli darajada rivojlanishi ta'minlanadi. So'nggi o'n yilliklarda ushbu yo'nalishda ko'plab nazariy va eksperimental tadqiqotlar olib borilmoqda. Portlovchi impulsning ta'sir qilish vaqtini zaryadning tuzilishi va so'yishning qulflash ta'sirini oshirish orqali oshirish yo'llarini topish bo'yicha faol ishlar olib borilmoqda. Texnologiyalar rivojlanishining hozirgi bosqichida turli tog'-kon korxonalarida portlash ishlarini olib borishda panjara materialidan foydalanish tog' massasini yo'q qilish samaradorligi va sifatini oshirishning ajralmas qismidir.

Tayanch iboralar: *maydalash sifati, energiya sarfi, katta o'lchamli, mayda fraktsiya, portlash to'lqini, portlash vaqti, tosh massasi, zarba to'lqini, stendlash, kon va texnologik sharoitlar, maydalash darajasi, portlash samaradorligi, parchalar radiusi.*

Увеличение времени воздействия взрыва на горный массив является одним из основных факторов, за счёт которого обеспечивается качественное дробление горного массива и его достаточная проработка. В последние десятилетия выполняется множество теоретических и экспериментальных исследований в этом направлении. Активно ведутся работы по поиску путей увеличения времени действия взрывного импульса как за счёт конструкции заряда, так и за счёт увеличения запирающего действия забойки. Использование забоечного материала при ведении взрывных работ на различных горнодобывающих предприятиях на современном этапе развития технологий является неотъемлемой частью повышения эффективности и качества разрушения горной массы.

Ключевые слова: *качество дробления, энергетические затраты, негабарит, мелкая фракция, взрывная волна, время взрывного воздействия, массив горных пород, ударная волна, забойка, горно-технологические условия, степень дробления, коэффициент полезного действия взрыва, радиус разлёта осколков.*

При взрывном дроблении горных пород необходимо достичь заданного качества дробления, а именно, дробления горных пород до определённых размеров, то есть прогнозировать средний размер куска, выход негабарита, что приводит к снижению производительности и уменьшению срока службы погрузочно-транспортного оборудования, а так же, минимальный выход мелких фракций. Для обеспечения эффективности производства взрывов, а так же экологической безопасности ведения буровзрывных работ, мелкораздробленные частицы породы в виде сформированной пыли образованной в результате взрывной волны, необходимо контролировать изменением параметров буровзрывных работ.

Основной задачей исследования при разработке способа взрывания, позволяющего увеличить время взрывного воздействия на массив и улучшить качество дробления горной массы является установление оптимального расхода энергии для обеспечения заданного качества дробления, снижение радиуса разлёта осколков, снижение энергетических затрат при повышении степени дробления горных пород, а так же повышение КПД использования энергии на дробление пород.

Известно, что в физическом процессе разрушения горной породы взрывом энергия затрачивается на образование новой поверхности, поэтому наибольшие затраты энергии приходятся на зону пластичных деформаций в близи заряда с разрушением породы до тонкодисперсного состояния смятием и раздавливанием под действием короткой ударной волны напряжений. Существенное увеличение полезной работы взрыва возможно за счёт уменьшения размеров этой зоны и увеличения размеров области воздействия на горную породу расширяющейся газовой полости с продуктами взрыва, играющей основную роль при формировании зоны видимых разрушений путем трещинообразования [1].

В связи с тем, что одним из основных факторов, при котором обеспечивается качественное дробление горного массива и его достаточная проработка является увеличение времени воздействия взрыва на него, в последние десятилетия выполняется множество теоретических и экспериментальных исследований в этом направлении.

Активно ведутся работы по поиску путей увеличения времени действия взрывного импульса как за счёт конструкции заряда, так и за счёт увеличения запирающего действия забойки [2].

Одновременным увеличением времени воздействия взрыва на массив, усилением взаимодействия ударных волн напряжения и снижением «пика» давления в массиве горных пород можно достичь такой цели.

Результат анализа выполненных теоретических и практических экспериментов показывает достижение такого комплекса воз-

действий на горный массив за счёт одновременного использования прочной забойки, с помощью которой продукты взрыва запираются в зарядной полости до момента разрушения взрываемой среды, и воздушных промежутков как внутри скважинных зарядов, так и между забойкой и зарядом ВВ. Так же в виду того, что существующие технологии ведения буровзрывных работ не всегда обеспечивают требуемое качество дробления горной массы, что приводит к высокому выходу негабаритной фракции при взрыве или к переизмельчению руды, считается эффективным использование забоечного материала при ведении взрывных работ на открытых горных работах.

Согласно исследованиям, выполненным Друкованным М.Ф. и др. [3], наличие забойки увеличивает продолжительность взрывного импульса на 35...40%.

На основании проведённых исследований, применение забойки шпуров и скважин приводит к положительному исходу процесса взрывных работ на различных горнодобывающих предприятиях, а так же оказывает значительное влияние на результаты взрыва горных пород.

Забойка является неотъемлемой частью повышения эффективности и качества разрушения горной массы.

Наибольшее сопротивление выталкивающему действию продуктов детонации оказывают сыпучие материалы, обладающие достаточно высокой плотностью, сжимаемостью и высоким коэффициентом внутреннего трения, а также пластичные, жидкие и быстротвердеющие вещества и смеси. Для уменьшения фильтрации продуктов детонации через забойку, из крупнозернистого материала пустоты между его частицами заполняют водой или мелкозернистым песком.

Забойку выполняют после размещения в зарядной полости или на поверхности разрушаемого объекта заряда ВВ и средств его взрывания. Механизация забойки шпуров и скважин осуществляется забоечными машинами. Необходимую длину забойки удлинённых зарядов выбирают в зависимости от горно-технологических условий и максимально допустимого радиуса разлёта осколков (обычно от 15 до 24 диаметров скважины или шпура). В опасных по газу и пыли шахтах длина забойки регламентирована правилами безопасности. Величина забойки камерных зарядов устанавливается проектом в каждом конкретном случае. Забойка наружных зарядов эффективна, если её масса не менее чем в 3-5 раз превышает массу ВВ.

В шпурах наилучшей забойкой являются гранулированный шлак или мелкий щебень (3-10 *мм*) в смеси с песком (30-40% по объёму) или водяным заполнением промежутков между гранулами (зёрнами), крупнозернистый песок, вода в полиэтиленовых ампулах, быстротвердеющие бетоны. При проведении выработок широко распространена забойка шпуров из песчано-глинистых смесей. Из этих смесей предварительно изготавливают пыжи, которые затем досылают в шпур и уплотняют с помощью забойника. В шахтах, опасных по газу и пыли, используют также пульпо- и пастообразные виды забойки. В скважинах (в т. ч. обводнённых) наиболее эффективна забойка из мелкого щебня (5-20 *мм*) в смеси с песком (35-40%), буровой мелочи, отсевов дробильно-сортировочных заводов и крупнозернистого песка. Применение водяной забойки скважинных зарядов нецелесообразно, т. е. при больших диаметрах сопротивление её выталкиванию незначительно. Для повышения сопротивления сдвигу и более плотного «запирания» продуктов детонации в зарядной полости по длине колонки забойки размещают от 1 до 3 запирающих зарядов, суммарная масса которых зависит от диаметра скважины или шпура (*рис 1, а*). Инициирование запирающих зарядов осуществляют одновременно с основными или с замедлением (до 5 *мс*). В некоторых случаях используют дополнительные заряды в укороченных скважинах (шпурах), пробуренных параллельно основным (*рис. 1, б*) на

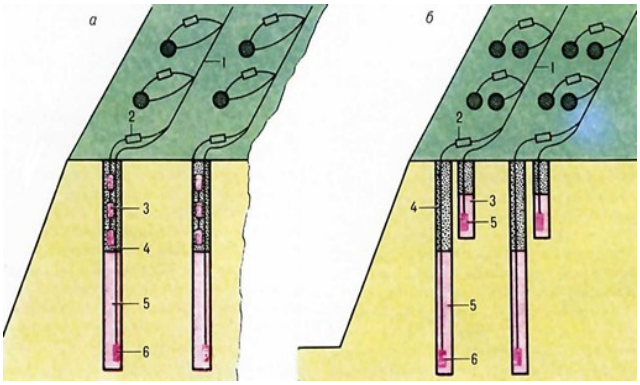


Рис. 1. Схема размещения дополнительных зарядов: *а – в забойке основного заряда; б – в укороченных скважинах; 1 – магистраль детонирующего шнура; 2 – пиротехнические замедлители (КЗДШ); 3 – дополнительные заряды; 4 – забойка; 5 – основной заряд; 6 – промежуточный детонатор*

расстоянии 5-6 диаметров заряда. При этом основные заряды взрывают с замедлением по отношению к дополнительным. Время замедления зависит от величины линии наименьшего сопротивления и крепости пород. Смещение породы, обусловленное взрывом в укороченных скважинах, приводит к запрессовке забойки основного заряда и задержке вылета продуктов детонации на 12-15 *мс*. Использование наиболее эффективных материалов в качестве забойки и применение запирающих зарядов позволяют уменьшить её длину (кроме шахт, опасных по газу и пыли). Для забоек камерных зарядов применяют куски породы, размеры которых не превышают 300 *мм*, бетонные блоки (сухая кладка), щебень, мешки с песком и т.п. Для наружных зарядов в качестве забойки используют глину, песчано-глинистую смесь, полиэтиленовые пакеты, заполненные песком или водой [4].

Под зарядом рациональной конструкции понимается удлинённый скважинный заряд, рассредоточенный по его длине на две или более частей воздушными, водовоздушными и водяными промежутками при одновременном инициировании его частей.

Активная забойка состоит из инертного материала, в середине которого расположены один или несколько небольших зарядов ВВ общей массой около 3% массы скважинного заряда. Активная забойка предназначена для повышения степени герметизации скважины, способствует увеличению продолжительности воздействия продуктов детонации на разрушаемую среду [5]. Расчёт зарядов с воздушными промежутками и активной забойкой. Масса заряда ВВ в скважине определяется по общепринятым методикам.

В тех случаях, когда размещение заряда при оптимальных соотношениях воздушных промежутков и частей заряда приводит к уменьшению длины забойки (незаряжённой длины скважины), а последняя регламентирована требованиями техники безопасности, масса заряда $Q_ф$ (*кг*) уменьшается до значений, позволяющих иметь требуемую длину забойки [5]:

$$Q_ф = Qp - p\sum h_{в.п.},$$

где $Q_ф$ – фактическая масса заряда в скважине, *кг*;

Q_p – расчётная масса заряда в скважине, определённая при минимально допустимой длине забойки, *кг*;

P – вместимость скважины, *кг/м*;

$\sum h_{в.п.}$ – суммарная длина воздушных промежутков в скважине (за вычетом длины воздушного промежутка между зарядом и забойкой, *м)*.

В этом случае достигается уменьшение удельного расхода взрывчатых веществ при улучшении качества дробления горных пород.

Суммарная длина воздушных промежутков $\sum h_{в.п.}$ (*м*) определяется по следующим формулам [5]:

– для пород с f > 10

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}15 \div 0{,}20)l_{зар};$$

– для пород с f = 8 ÷10

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}20 \div 0{,}25)l_{зар};$$

– для пород с f = 6 ÷ 8

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}25 \div 0{,}30)l_{зар};$$

– для пород с f = 2 ÷ 6

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}30 \div 0{,}35)l_{зар};$$

где k – коэффициент учитывающий направление скважин k = 1, для наклонных скважин, параллельных откосу уступа k = 1,2 ÷ 1,3 для пород с f > 8 и k = 1,4 ÷ 1,5 для пород с f > 8;

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, *м*.

Также суммарная длина воздушных промежутков может быть вычислена так же из следующих выражений [5]:

– для вертикальных скважин:

$$\sum h_{в.п.} = 0{,}05(9 - 0{,}5f\,0{,}35)l_{зар};$$

– для наклонных скважин:

$$\sum h_{в.п.} = 0{,}000125(340 - f - f^2)l_{зар};$$

Количество частей заряда принимается в зависимости от горно-геологических условий и высоты уступа. Для улучшения дробления при высоте уступа 10-20 *м* достаточно рассредоточить заряд на 2-3 части.

Длина каждого промежутка $h_{в.п.}$ (*м*) определяется в зависимости от диаметра заряда $d_{зар}$ и категории пород по взрываемости [ ]:

– для трудновзрываемых:

$h_{в.п.} \approx (8 \div 9)d_{зар}$;

– для средневзрываемых:

$h_{в.п.} \approx (9 \div 10)d_{зар}$;

– для легковзрываемых:

$h_{в.п.} \approx (10 \div 12)d_{зар}$;

Длина каждого промежутка может быть определена так же для выражения:

$h_{в.п.} \approx (13{,}5 - 0{,}5)d_{зар}$.

Число промежутков в скважине определяется делением суммарной высоты воздушных промежутков на длину одного воздушного промежутка [5]:

$$n = \sum h_{в.п.} / h_{в.п.}$$

Оптимальная длина промежутка и их число для конкретных условий уточняются опытным путём.

При рассредоточении скважинного заряда на две части одним промежутком масса нижней части заряда (*кг*) [5]:

$Q_1 = (0{,}6 \div 0{,}7)Q_ф$;

– масса верхней части заряда (*кг*):

$Q_2 = (0{,}4 \div 0{,}3)Q_ф$.

В случае рассредоточения вертикального скважинного заряда на три части и более, масса нижней части может быть уменьшена до 50% массы заряда в скважине, а в наклонных скважинах до 30-40% массы заряда. Оставшаяся часть заряда $Q_п$ (*кг*) распределяется на равные доли пропорционально принятому числу воздушных промежутков [5]:

$$Q_п = \frac{Q_ф - Q_1}{n}$$

Известно, что в физическом процессе разрушения горной породы взрывом энергия затрачивается на образование новой поверхности, поэтому наибольшие затраты энергии приходятся на зону пластичных деформаций вблизи заряда с разрушением породы до тонкодисперсного состояния смятием и раздавливанием под действием короткой ударной волны напряжений. Существенное увеличение полезной работы взрыва возможно за счёт уменьшения размеров этой зоны и увеличения размеров области воздействия на горную породу расширяющейся газовой полости с продуктами взрыва, играющей основную роль при формировании зоны видимых разрушений путём трещинообразования [3]. Такой результат может быть достигнут одновременным увеличением времени воздействия взрыва на массив, снижением «пика» давления и усилением взаимодействия ударных волн напряжения в массиве горных пород.

Анализ выполненных за последние десятилетия теоретических и экспериментальных исследований [1-9] показывает, что такой комплекс воздействий на массив горных пород может быть достигнут только при одновременном использовании прочной забойки, запирающей в зарядной полости продукты взрыва до момента разрушения взрываемой среды, и воздушных промежутков как внутри скважинных зарядов, так и между зарядом ВВ и забойкой.

Длительными исследованиями различных авторов [6-12] установлено, что забойка играет существенную роль в работе взрыва: обеспечивает полноту детонации ВВ и тем самым выделение наибольшего количества энергии взрыва заряда данного размера; увеличивает продолжительность импульса взрыва и, следовательно, степень использования энергии взрыва, а также предотвращает опасный разброс кусков породы, выносимых газами взрыва в процессе их истечения через устье скважины. Рациональная длина забойки зависит от многих факторов, характеризующих свойства ВВ и забоечного материала, конструкцию заряда, а также среду, в которой производится взрыв.

Тем не менее, продолжаются дискуссии о целесообразности забойки вообще, поскольку Единые правила безопасности при взрывных работах дают право руководителю предприятия устанавливать допустимость взрывания зарядов без забойки и многие предприятия, в том числе крупные, ведут взрывные работы без забойки. В работе В.А. Фокина [6] приведены результаты взрывов с нижним инициированием зарядов ВВ, согласно которым отсутствие забойки незначительно изменяет показатели взрыва. В то же время в работе Буровцева В.П. [7] подчеркивается, что объективной мотивации для отказа от применения забойки нет, потому что помимо сокращения ударных воздушных волн и дальности разлета кусков взорванной породы применение забойки улучшает качество дробления и сокращает выброс вредных газообразных продуктов взрыва в атмосферу. Необходимость применения забойки базируется на фундаментальных принципах, определяющих эффективность и безопасность взрывных работ, поэтому забойку следует рассматривать как важнейшее звено в управлении действием взрыва. Преждевременный прорыв большого объёма газов взрывчатых веществ в атмосферу приводит к ухудшению дробления породы при взрывании без забойки.

Демидюк Г.П. показал [8], что соблюдение принципа максимального заполнения взрывчатым веществом выбуренного объёма скважины при сплошном цилиндрическом заряде приводит к созданию излишка энергии ВВ в верхней части уступа и, как следствие, к отрицанию необходимости забойки. В подтверждение приводятся даже эксперименты, специально поставленные в производственных условиях: отсутствие забойки не ухудшает результаты взрывания. Это действительно может иметь место, если энергия заряда ВВ превышает действительно необходимую.

Все большее число предприятий начинает возвращаться к применению зарядов, рассредоточенных воздушными промежутками, когда нижняя часть заряда инициируется снизу, а верхняя – сверху. И в этих условиях необходимость забойки уже не оспарива-

ется, поэтому целесообразно подробнее рассмотреть влияние как забойки, так и воздушных промежутков на полезное использование энергии взрыва на дробление горных пород. Идеальной будет такая забойка, которая будет разрушаться или вылетать из скважины одновременно с разрушением взрываемого массива [9].

Таким образом, на основе проведённых исследований [6-12], можно сделать вывод, что использование нового типа забоечного материала при ведении взрывных работ на современном этапе развития технологий является неотъемлемой частью повышения эффективности и качества разрушения горной массы.

Библиографический список:

1. Козловский Е.А. Горная энциклопедия. Часть 2. – М.: Советская энциклопедия, 1985. – 575 с.

2. Друкованый М.Ф., Комир В.М., Семенюк И.А. К вопросу о влиянии величины забойки на качество дробления горных пород взрывом в карьерах // Взрывное дело. – № 59/16. – М.: Недра, 1966. – С. 166-177.

3. Шемякин Е.И. Кочанов А.Н. О разрушении горных пород в ближней зоне подземного взрыва // Взрывное дело.– № 92/49. – Москва, 1999. – С. 7-19.

4. Лещинский А.В. Научно-техническое обоснование рациональных средств и методов разрушения скальных пород при открытых горных работах: Дисс. … д-ра тех. наук: 25.00.20 // Лещинский Александр Валентинович. – Х., 2010. – 624 с.

5. Справочник. Открытые горные работы. – Москва: «Горное бюро», 1994. – С. 207-208.

6. Фокин В.А. Развитие теории проектирования буровзрывных работ на предельном контуре карьера: Автореф. дис … д-ра техн. наук. Апатиты, 2005. – 45 с.

7. Буровцов В.П. Физико-технические обоснования параметров забойки и оценка её роли в управлении действием взрыва скважинных зарядов на карьерах // В.П. Буровцов, В.П. Тарасенко // Проблемы взрывного дела: Сб. статей и докладов. – № 1. – М.: Изд-во МГГУ, 2002. – С. 5-9.

8. Демидюк Г.П. К вопросу управления действием взрыва скважинных зарядов // Взрывное дело. – № 54/11. – Москва: МГУ, 1964. – С. 174-184.

9. Шевкун Е.Б., Лещинский А.В., Лукашевич Н.К. Пути увеличения времени действия взрыва на массив.

10. Мальгин О.Н., Рубцов С.К., Шеметов П.А., Шлыков А.Г. Совершенствование технологических процессов буровзрывных работ на открытых горных работах. – Ташкент: Фан, 2003. – 199 с.

11. Malskiy K.S., Borovkov Yu.A. Analysis of the results of investigations aimed at reducing the rock strength in serial explosions of borehole explosive charges. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2020/ 1(1), pp. 39-45.

12. Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Равшанова М.Х., Номдоров Р.У. Физико-техническая оценка устойчивости бортов карьеров с учетом технологии ведения буровзрывных работ. Монография. – Бухоро: изд-во «Бухоро», 2020. – 175 с.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 3 (94) pp. 12-15

ANALYSES OF EXPLOSION METHODS THAT ENABLE TO INCREASE THE TIME OF EXPLOSION IMPACT ON THE MASSIF AND TO IMPROVE THE QUALITY OF ROCK MASS CRUSHING

[1]***Nasirov U.F.,*** *Deputy Director for Research and Innovation, Doctor of Technical Sciences.*
[2]***Zairova F.Yu.,*** *Engineer of the Innovation Center for the Introduction of New Technologies.*

[1]***NUST MISIS Branch. Almalyk, Uzbekistan.***
[2]***JSC «NMMC». Navoi, Uzbekistan.***

Increasing the time of explosion impact on the rock mass is one of the main factors, which provide high-quality crushing of the rock mass and its sufficient elaboration. Over the last decades a lot of theoretical and experimental studies in this field have been carried out. Active work is being carried out to find ways to increase the time of action of the explosive impulse both through the design of the charge and by increasing the locking action of the bottom hole. The use of bottom -hole material in blasting operations at various mining companies at the present stage of technology development is an integral part of increasing the efficiency and quality of rock mass breakdown.

Keywords: *quality of crushing, energy costs, oversize, fine fraction, blast wave, blast time, rock mass, shock wave, bottom-hole, mining and technological conditions, degree of crushing, blast efficiency, radius of fragments dispersion.*

References:

1. Kozlovsky E.A. Mountain Encyclopedia. Part 2. – M.: Soviet Encyclopedia, 1985. – 575 p.

2. Drukovany M.F., Komir V.M., Semenyuk I.A. On the issue of the influence of the size of the stemming on the quality of crushing of rocks by an explosion in open pits [Text] // Vzryvnoe delo. – No. 59/16. – M.: Nedra, 1966, pp. 166-177.

3. Shemyakin E.I. Kochanov A.N. On the destruction of rocks in the near zone of an underground explosion // Vzryvnoe delo. – No. 92/49. – Moscow, 1999, pp. 7-19.

4. Leshchinsky A.V. Scientific and technical substantiation of rational means and methods for the destruction of rocks in open-pit mining: Diss. Dr. Tech. Sciences: 25.00.20 // Leshchinsky Alexander Valentinovich. – Kh., 2010. – 624 p.

5. Directory. Open pit mining. – Moscow: «Gornoye byuro», 1994, pp. 207-208.

6. Fokin V.A. Development of the theory of designing drilling and blasting operations on the limit contour of a quarry: Abstract of the thesis. thesis ... Dr.Ttech. Sciences. – Apatity, 2005. – 45 p.

7. Burovtsov V.P. Physico-technical substantiation of stemming parameters and assessment of its role in controlling the action of the explosion of borehole charges in open pits. V.P. Burovtsov, V.P. Tarasenko // Problems of explosive business: Sat. articles and reports. – No. 1. – M .: Publishing House of Moscow State University for the Humanities, 2002, pp. 5-9.

8. Demidyuk G.P. To the question of controlling the action of the explosion of borehole charges // Vzryvnoe delo. – No. 54/11. – Moscow: MGU, 1964, pp. 174-184.

9. Shevkun E.B., Leshchinsky A.V., Lukashevich N.K. Ways to increase the duration of the explosion on the array.

10. Malgin O.N., Rubtsov S.K., Shemetov P.A., Shlykov A.G. Improvement of technological processes of drilling and blasting operations in open pit mining. – Tashkent: Fan, 2003. – 199 p.

11. Malskiy K.S., Borovkov Yu.A. Analysis of the results of investigations aimed at reducing the rock strength in serial explosions of borehole explosive charges. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2020/ 1(1), pp. 39-45.

12. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Ravshanova M.Kh., Nomdorov R.U. Physical and technical assessment of the stability of open pit walls, taking into account the technology of drilling and blasting. Monograph. – Bukhara: publishing house «Bukhoro", 2020. – 175 p.

УДК 622.235.6 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.004

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРОВЗРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ РАЗНОПРОЧНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ГЕОРАДАРНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ МАССИВА

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

Нутфуллоев Г.С.,
начальник
УМО АФ НИТУ «МИСИС»,
д.т.н., доцент

Катанов И.Б.,
профессор
кафедры ОГД КузТГУ
им. Горбачева Т.Ф., д.т.н.

Кобилов Ш.Б.,
ассистент
кафедры «Горное дело»
АФ НИТУ «МИСИС»

Maqolada O‘zbekiston Respublikasining murakkab tarkibiy konlari to'g'risidagi ma’lumotlar keltirilgan bo‘lib, unda tog‘ massasini qazishga tayyorlashda portlash ishlarini olib borishning maxsus usullaridan foydalanish zarur. Turli xil jinslarning tuzilishi haqidagi geologik ma’lumotlarning tahlili shuni ko‘rsatadiki, qattiq qo‘shimchalar mavjudligini vizual ravishda aniqlash mumkin emas. Shu maqsadda ishlatiladigan skvajinalarni burg‘ulash, hatto tez-tez to‘r orqali ham, massivdagi qattiq qo‘shimchalar konturlarini aniqlashning iloji yo‘qligini ko‘rsatadi, chunki skvajinaning qattiq qo‘shimchlar bilan kesishishi faqat uning mavjudligini anglatadi, lekin hajmini emas. Portlash parametrlarini loyihalash uchun murakkab tarkibiy konlarning karerlarida foydalanish tavsiya etilgan georadar usuli yordamida massivning tuzilishini aniqlash tajribasi keltirilgan.

Tayanch iboralar: *murakkab strukturaviy massiv, qattiq qo’shimchalar, skvajina, zaryad, jins, pog‘ona, georadar, tadqiqot, burg‘ulash va portlatish ishlari.*

В статье приводятся сведения о сложно структурных месторождениях Республики Узбекистан, на которых при подготовке горной массы к выемке, необходимо использовать специальные методы ведения взрывных работ. Анализ геологических сведений о структуре разнопрочных пород показывает, что визуально определить наличие твердых включений не представляется возможным. Используемое для этой цели бурение скважин даже по учащенной сетке показывают, что определить контуры твердого включения в массиве не представляется возможным, т. к. пересечение скважиной твердого включения означает только его наличие, но не размеры. Приводится опыт определения структуры массива методом георадарного обследования, который рекомендуется использовать на карьерах сложно структурных месторождений для проектирования параметров взрывных работ.

Опорные слова: *сложно структурный массив, твердое включение, скважина, заряд, порода, уступ, георадар, обследование, буровзрывные работы.*

Джерой-Сардаринское месторождение зернистых фосфоритов приурочено к межгорным понижениям Кызылкумского рудного поля. Палеозойские складчатые массивы, являются подстилающими для морских известняково-мергельно-глинистых отложений палеогена, содержащих продукты подводных перемывов в виде горизонтов с галечниковыми, желваковыми и зернистыми фосфоритами. В результате инженерно-геологических исследований непосредственно над первым фосфопластом выявлен мергель, средняя мощность которого около 2 *м*, предел прочности на сжатие составляет до 50 *МПа*. Породы внутренней вскрыши, расположенные между первым и вторым фосфопластами (междупластье), представлены плотными глинами и полускальными мергелями с f ≥ 2−5. Во внешней вскрыше выделен слой гравелитов – полускальных и скальных пород, мощность которых местами достигает до 8 м и крепостью f ≥ 4−6 *ед*. по шкале проф. М.М. Протодъяконова. Гравелиты внешней вскрыши и вся внутренняя вскрыша (междупластье) отрабатываются с применением технологии буровзрывных работ на основе методики дифференцированного проектирования параметров БВР в зависимости от мощности крепких включений, обеспечивающей по возможности минимальный выход негабаритных фракций.

Горно-геологические условия большинства карьеров, разрабатывающих сложно структурные месторождения осадочного происхождения, характеризуются значительными объёмами разнопрочных горных пород. Массивы разнопрочных горных пород имеют включения, представленные пропластками, слоями (прослойками) крепких пород во вмещающих менее крепких породах, различными линзами и другими образованиями, имеющими различные положения и мощность по высоте взрываемого блока.

Месторождение Ёшлик является золото-медно-порфировым месторождением. Порода представлена сильно трещиноватыми кварцевыми порфирами серовато-розового цвета. Материал заполнения трещин окварцованный перетертый материал самой породы. Распределение твердых включений в массиве обусловлено наличием кварцевых прожилков по всей высоте уступа. Мощность прожилков до 0,5 м. Кроме того в блоке присутствуют кварцевые жилы, мощностью до 0,2 м. Угол падения в данном массиве определить визуально сложно. Но если отталкиваться от наличия имеющихся кварцевых жил в интервале массива, которые имеют чётко выраженные направления – азимут падения 4° и угол падения 49°, то можно предположить, что азимут простирания породы равен азимуту простирания кварцевых жил и равен перпендикулярному направлению азимута падения составляет 184°.

Взрывание таких массивов приводит к неодинаковым размерам зон разрушения во вмещающих породах и твердых пропластках. В силу большей крепости пород радиус зоны регулируемого дробления в твердых пропластках оказывается существенно меньше,

чем во вмещающих породах. Это приводит к неравномерному дроблению массива и появлению негабаритов. Наличие в толще мягких пород хаотично распределённых крепких включений, предъявляет к буровзрывным работам особые требования. Дробление сложно структурного массива горных пород, в котором крепкое включение расположено в верхней части взрываемого уступа, т. е. в зоне нерегулируемого дробления ведёт к увеличению затрат на производство БВР. Приближение заряда ВВ к поверхности уступа и при этом увеличение его мощности ведёт к росту расхода энергии взрыва на бесполезные формы механической работы, таких как разброс кусков породы и увеличение ударно-воздушной волны, а также приводит к потере энергии в процессе детонации ВВ и выброса ядовитых газов в атмосферу.

Практикой разработки пластовых сложноструктурных месторождений осадочного типа установлено, что наличие в горном массиве крепких включений затрудняет эффективное использование традиционных методов управления энергией взрыва, основанных на пропорциональности удельного расхода ВВ объёму взрываемых пород. Возникает необходимость дифференциации параметров буровзрывных работ в зависимости от конкретных структурных и прочностных особенностей массива. Это обуславливает разработку и внедрение специальных методов буровзрывной подготовки таких пород к экскавации [1]. Наличие крепких включений в сложноструктурном массиве горных пород затрудняет эффективное использование традиционных методов, т. к. ведет к большому выходу негабаритов, в связи, с чем возникает необходимость разработки и внедрения специальных методов буровзрывной подготовки. Применение известных способов взрывания разнопрочных массивов горных пород, включающее определение свойств твердых включений, пределы прочности массива горных пород и крепких включений, бурение вертикальных основных и дополнительных скважин не обеспечивает достаточной эффективности дробления массива горных пород с различными твердыми включениями.

Разработка способов и технологических схем ведения БВР с рациональными конструкциями скважинных зарядов взрывчатых веществ, основанных на принципе энергетического соответствия между энергией взрыва и её потребностью на дробление горного массива с крепкими включениями и обеспечивающих необходимое качество взрывного разрушения, является актуальной научной задачей, имеет важное практическое значение и поэтому постоянно совершенствуется.

Вопросы дробления массива разнопрочных горных пород скважинными зарядами взрывчатых веществ и разработки способов и эффективных параметров ведения буровзрывных работ в сложных горно-геологических условиях в отечественной и зарубежной литературе достаточно освещены [2-4]. Установлены закономерности изменения радиуса действия кумулятивного заряда в зависимости от массы ВВ в скважине, глубины действия кумулятивной струи и плотности заряда, а также свойств взрываемого массива горных пород [5]. Разработаны способы и определены эффективные параметры БВР при разрушении массива разнопрочных горных пород скважинными зарядами ВВ с использованием кумулятивного эффекта, позволяющие обеспечить равномерность дробления массива по высоте уступа, снизить удельный расход ВВ и затраты на бурение основных скважин [6-10].

В производственных условиях обычно массив обуривается по принятой на карьере сетке скважин.

Для определения наличия твердых включений во вмещающих менее крепких породах, их контуры в плане и отметки кровли и почвы позволяет ориентировочно установить параметры залегания включений внутри разрушаемого массива, в том числе их мощность по глубине конкретных скважин, скорректировать конструкцию и параметры скважинных зарядов, необходимые места расширения по глубине скважин. При этом фиксируется глубина и мощность

Рис. 1. Георадар ОКО-2: а – внешний вид БУО; б – антенный блок с центральной частотой 90 МГц

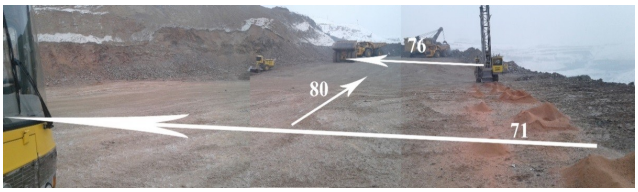


Рис. 2. Фото площадки обследования

твердого включения, позволяющие при разработке проекта на массовый взрыв внести изменения в конструкцию скважинного заряда, пересекающего конкретное твердое включение.

Однако все выше сказанное будет эффективно лишь в том случае, когда точно известно пространственное расположение твердых включений во вскрышном массиве.

Структура взрываемого массива характеризуется не только диаметром средней естественной отдельности, но и направлением и углом падения слоев, пространственным их положением относительно мощных прослоев породы и наличием твердых включений. Поэтому уточнение внутренней структуры блока, подготавливаемого к проведению буровзрывных работ, позволит разработать проект массового взрыва, обеспечивающего качественное дробление сложно структурного массива. Этот процесс может проводиться при помощи георадиолокационного обследования [11-12].

Метод георадиолокации основан на явлении отражения электромагнитной волны от границ неоднородностей в изучаемой среде, на которых скачкообразно изменяются такие свойства среды, как электропроводность и диэлектрическая проницаемость.

Излучаемые георадаром электромагнитные сверхширокополосные импульсы, распространяясь в обследуемой среде, отражаются от слоев массива и принимаются антенной, усиливаются, преобразуются в цифровой вид, обрабатываются электронной вычислительной машиной и визуализируются на мониторе.

Для проведения обследования применяется, например, георадар ОКО-2 (*рис. 1*), который позволяет проводить зондирование массива на глубину от 10 до 16 *м*.

Для возбуждения и приема радиоволн используется наземная экранированная антенна АБ-90 с центральной частотой 90 *МГц*. Антенной прибора излучаются ультракороткие электромагнитные

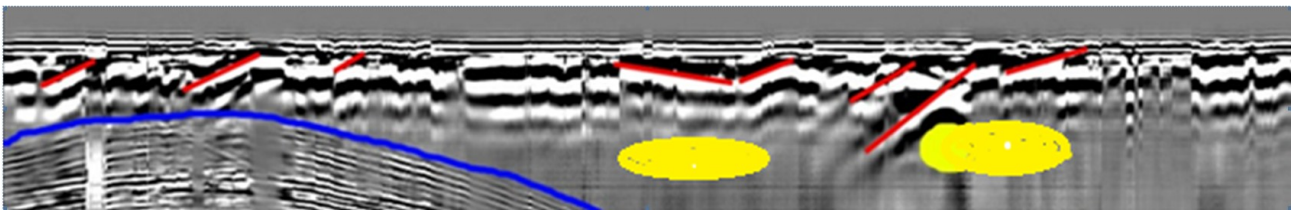


Рис. 3. Результат обработки георадиолокационного обследования по одному из профилей

импульсы (единицы и доли наносекунды), которые имеют 1,0-1,5 периода квазигармонического сигнала и достаточно широкий спектр излучений.

Блок управления и обработки (БУО) сочетает в одном корпусе функции управления всеми режимами работы георадара и функции регистрирующего устройства с возможностью обработки и сохранения полученных от георадара данных. Основными величинами, измеряемыми при георадарных исследованиях, являются время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно до приемника, а также амплитуда этого отражения. Такими границами раздела в исследуемых средах являются, например, контакт между сухими и влагонасыщенными породами (уровень грунтовых вод), контакты между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и талыми, а также между коренными и рыхлыми породами.

Скорость распространения электромагнитной волны в разных материалах различна, поэтому, измеряя время пробега волн и зная основные физические свойства пород в изучаемой среде, можно судить о строении массива. Для примера показана схема передвижения георадара по площадке уступа разреза «Зареченский» в Кузбассе [13], на которой необходимо определить наличие структурных нарушений внутри массива (*рис. 2*). Направления передвижения георадара обозначены стрелками 71, 76 в начале и в конце обследуемого участка 80.

На поверхности уступа задается сетка, по которой перемещают геосканер. Чем меньше расстояние между проходами георадара, тем более точно будут определены элементы изменения структуры массива, например, размеры твердых включений и их расположение внутри массива. Результат обработки георадиолокационного обследования по одному из профилей обследуемого блока, на котором планируется бурение взрывных скважин, показан на *рис. 3.* Желтым цветом выделены твердые включения.

Анализируя радарограммы вдоль и поперек блока, можно довольно точно установить положение границ слоев и других объектов (твердых включений) в подповерхностных слоях, что в свою очередь позволит обосновать специальные технологические мероприятия при проектировании взрывных работ, например, параметры сетки скважин, глубину и направление бурения вспомогательных скважин. На участках пересечения скважиной пропластка твердых включений должны быть применены кольцевые скважинные кумулятивные заряды [14], что позволяет полностью разрушить твердые включения. Это гарантирует качественное дробление и полное отсутствие негабаритных кусков породы.

Библиографический список:

1. Мосинец В.Н. Котенко Е.А., Мальгин О.Н., Рубцов С.К., Климов Ю.В. Внедрение метода дифферинцированного выбора параметров БВР при взрывании разнопрочных массивов пород с крепкими пропластками для поточной технологии на урановых карьерах пластовых месторождений Учкудук и Меловое // В.Н. Мосинец и др. // Горный вестник Узбекистана. – № 1. – Навои, 2001. – С. 57-63.

2. Бибик И.П. Повышение эффективности взрывного рыхления разнопрочных массивов при разработке месторождения фосфоритов Джерой-Сардара // И.П. Бибик, Р.А. Рахманов, Д.С. Ивановский // Горный журнал. – Москва: Руда и металлы, 2008. – № 8. – С. 48-52.

3. Бибик И. П. Технологические схемы буровзрывных работ в условиях Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов // И.П. Бибик, В.П. Ершов, Т.П. Кустиков // Горный вестник Узбекистана.– № 4. – Навои, 2006. – С. 36-37.

4. Котенко Е.А. Опыт применения БВР при поточной технологии разработки разнопрочных пород на карьерах пластовых месторождений осадочного типа // Е.А. Котенко, О.Н. Мальгин, В.П. Сытенков, С.К. Рубцов // Горный вестник Узбекистана. – № 1. – Навои, 2001. – С. 52-57.

5. Бунин Ж.В. Определение глубины разрушения крепкого пропластка в массиве разнопрочных горных пород зарядом взрывчатых веществ с кумулятивным эффектом // Ж.В. Бунин, Ю.Д. Норов, Г.С. Нутфуллаев, Ш.Ш. Заиров // Взрывное дело. – Москва, 2015. – № 113/70. – С. 133-141.

6. Патент Российской Федерации на изобретение № 2478912. Способ взрывания разнопрочных массивов горных пород // Белин В.А. Опубликовано: 10.04.2013. Бюллетень изобретений № 10.

7. Патент Российской Федерации на изобретение № 2478913. Способ взрывания разнопрочных массивов горных пород // В.А. Белин и др. // Опубликовано: 10.04.2013. Бюллетень изобретений № 10.

8. Морозов В.В. Метод ведения взрывных работ при наличии твёрдых пропластков в горном массиве // В.В. Морозов, И.П. Бибик, У.А. Шомирзаев // Горный вестник Узбекистана. – № 3. – Навои, 2010. – С. 23-26.

9. Рахманов Р.А. Обоснование параметров комбинированной конструкции скважинного заряда для разнопрочного горного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 8. – М.: Горная книга, 2013. – С. 207-209.

10. Рахманов, Р. А. Разработка и обоснование параметров конструкции скважинного заряда для дробления разнопрочного горного массива // Горный вестник Узбекистана. - № 2. – Навои, 2013. – С. 72-76.

11. Владов М.Л. Методическое руководство по проведению георадиолокационных исследований // М.Л. Владов, В.П. Золотарев, А.В. Старовойтов. – Москва: ГСД Продакшен, 1997. – 66 с.

12. Владов, М. Л. Введение в георадиолокацию // М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. Уч. пособие. М.: МГУ, 2005. – 153 с.

13. Катанов И.Б. Буровзрывные работы на карьерах: учеб. пособие // И.Б. Катанов, А.А. Сысоев. – Кемерово: КузГТУ, 2019. – 202 с.

14. Патент на изобретение IAP 06971. Республика Узбекистан. Способ равномерного дробления массива разнопрочных горных пород // Нутфуллоев Г.С., Дугарцыренов А.В., Камолов Ш.А., Умаров Ф.Я., Заиров Ш.Ш., Рахмонов Р.А. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 31.03.2022.

УДК 622.235.6 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.005

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЗРЫВНЫМ РАЗРУШЕНИЕМ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД СКВАЖИННЫМИ ЗАРЯДАМИ

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

Нутфуллоев Г.С.,
начальник
УМО АФ НИТУ «МИСИС»,
д.т.н., доцент

Катанов И.Б.,
профессор
кафедры ОГД КузТГУ
им. Горбачева Т.Ф., д.т.н.

Кобилов Ш.Б.,
ассистент
кафедры «Горное дело»
АФ НИТУ «МИСИС»

Maqolada skvajinali zaryadlarning konstruktsiyalari tahlil qilingan. Portlash energiyasini boshqarish imkoniyatini ko'rib chiqadigan, massivni qazish va keyinchalik qayta ishlashga eng samarali va sifatli tayyorlashga imkon beradigan ba'zi tuzilmalarning afzalliklari va kamchiliklari qayd etilgan.Skvajinali zaryadning eng oqilona variantini shakllantirish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan skvajinali zaryadlarning tarkibiy elementlari aniqlandi, bu nafaqat portlash ishlarining sifati va xavfsizligini oshirishga, balki BPI xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi.

Tayanch iboralar: *skvajina, zaryad, zaboyka, portlovchi modda, konstruktsiya, ortiqcha burg'ulash, kumulyatsiya varonkasi, pog'ona tagligi.*

В статье проведен анализ конструкций скважинных зарядов. Отмечены достоинства и недостатки тех или иных конструкций, в которых рассматривается возможность управления энергией взрыва, позволяющей наиболее эффективно и качественно подготовить массив к выемке и дальнейшей его переработке. Выявлены элементы конструкции скважинных зарядов, которые в совокупности могут быть использованы для формирования наиболее рационального варианта скважинного заряда позволяющего не только повысить качество и безопасность взрывных работ, но и снизить затраты на БВР.

Опорные слова: *скважина, заряд, забойка, взрывчатое вещество, конструкция, перебур, кумулятивная воронка, подошва уступа.*

Основными направлениями технического прогресса в области производства взрывных работ являются активные методы управления взрывом скважинного заряда. В первую очередь рассматриваются такие конструкции скважинных зарядов взрывчатого вещества (ВВ) и способы их взрывания, которые бы обеспечивали заданное качество подготовки горной массы к выемке. Эти методы направлены на изменение механизма действия взрыва скважинного заряда и повышение его полезной работы за счет более полного использования энергии взрыва [1-6].

Применяемые на открытых разработках конструкции скважинных зарядов можно классифицировать по характерным признакам:

– сплошные заряды из одноименного ВВ;
– заряды, рассредоточенные инертными промежутками;
– комбинированные заряды.

Сплошные заряды ВВ получили широкое распространение ввиду наиболее простой технологии их формирования. Отличительной особенностью детонации сплошного заряда при инициировании его промежуточным детонатором является то, что фронт детонационной волны составляет приблизительно угол 90° с осью заряда.

Волны напряжений в среде при этом образуют на участке цилиндрического заряда, где протекает активный процесс детонации, конический либо сферический фронт в зависимости от соотношения скорости детонации ВВ и скорости звука в среде [1]. Однако ряд исследований [7-9] свидетельствует о том, что такая конструкция заряда является не самой эффективной. Они допускают возможность управления действием взрыва зарядов такой конструкции только путем изменения типа ВВ, конструкции забойки и точки инициирования колонки зарядов.

ВВ характеризуется такими характеристиками как скорость детонации, бризантность, теплота взрыва и др. В зависимости от структурно-прочностных свойств пород рекомендуется применять в более слабых породах ВВ со скоростью детонации 3,5-4,0 тыс. м/с, а в крепких соответственно более 4,5 тыс. м/с.

Забойка способствует увеличению времени воздействия продуктов детонации на массив. Поэтому использование специальных конструктивных элементов в забойке предназначено для увеличения ее запирающих свойств [4-6]. В работе [7] разработана конструкция скважинного заряда ВВ, в котором низкоплотным материалом (пеногелем) заполнено пространство, предназначенное для забойки. Такая конструкция позволяет не только снизить удельные затраты ВВ и уменьшить, что очень важно, начальное пиковое действие продуктов детонации на стенки скважины при сохранении качественного дробления горной массы, но и уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Влияние расположения промежуточного детонатора исследовалось многими авторами как теоретически, так и в производственных условиях. Установлено, что изменить направление детонации возможно путем изменения расположения точки инициирования. Показано, что в точке сопряжения откоса уступа с подошвой величина напряжений, вызывающая деформацию сдвига по плоскости подошвы, при инициировании снизу в 2 раза больше, чем при инициировании сверху. Одной из разновидностей методов, использующих

направление детонации, является двустороннее инициирование скважинного заряда [8, 9]. При этом методе взрывания можно обеспечить встречу детонационных волн в любом заранее выбранном месте скважины и благодаря многократному увеличению давления при взаимодействии двух детонационных волн осуществить интенсивное дробление горной массы.

Существенное увеличение полезной работы взрыва, расходуемой на дробление горных пород, достигается за счет применения скважинных зарядов ВВ, рассредоточенных воздушными промежутками [10-13]. Физическая сущность способа состоит в искусственном увеличении объема зарядной камеры, оставив в ней свободное пространство, в котором продукты взрыва, расширяясь относительно плавно в начале развития взрыва, должны снизить пиковое давление и увеличить время его воздействия на среду и тем самым сохранить часть энергии взрыва, выбрасываемой в атмосферу.

Комбинированные заряды из двух и более ВВ отличаются сложностью и менее удобны при механизированной зарядке скважин. Они позволяют управлять действием взрыва, помимо указанных выше способов, применения зарядов с различными свойствами. Существенным преимуществом комбинированных скважинных зарядов, сформированных из различных типов ВВ, является возможность изменения концентрации энергии ВВ по высоте разрушаемого уступа в зависимости от физико-механических характеристик составляющих горных пород.

В работе [14] рассмотрена возможность использования скважинных зарядов ВВ с кольцевым зазором относительно стенок скважины, как в сухих, так и в обводненных скважинах. Такая конструкция обеспечивает увеличение радиуса разрушающего действия взрыва заряда в сравнении со сплошным на 17-23% .

На карьере «Мурунтау» проведены опытно-промышленные взрывы с размещением в забойке скважины активизирующего заряда асимметричного действия, обеспечивающего направленную и, поэтому, эффективную запрессовку основного заряда. Увеличение времени воздействия продуктов детонации в зарядной полости позволяет повысить полезную работу взрыва.

Все вышеперечисленные методы имеют фактически один и тот же перечень недостатков. Сложность в производстве комплектующих, а также сложность зарядки отдельных видов скважин приводит к необходимости создания принципиально новой конструкции заряда, например с кумулятивным эффектом.

Попытки применения скважинных зарядов с кумулятивным эффектом известны [15-17]. Они разрабатывались с целью повышения качества подготовки горной массы взрывом в крепких породах. Такое решение предлагается в разработанном способе отбойки горных пород [18]. Конструкция скважинного заряда для реализации данного способа кроме основного заряда ВВ включает установку дополнительных зарядов с размещением в них боевиков с кумулятивными конусами, ориентированными основаниями навстречу друг другу. Боевики устанавливаются так, что один находится на уровне подошвы уступа, а второй в верхней части заряда. Производится взрывание сначала дополнительного заряда ВВ, а затем с замедлением основного заряда ВВ. Авторы предполагают, что формирование встречных кумулятивных струй способствует запиранию продуктов детонации в скважине, что влечет за собой повышение качества дробления породы и лучшей проработке подошвы уступа. Однако следует отметить, что в конструкции заряда предусмотрен перебур скважины ниже подошвы уступа.

В соответствии с патентом [19] предложена конструкция комбинированного скважинного заряда. В донной части скважины формируют нижнюю колонку высокоэнергетического взрывчатого вещества, гранулотола, внутри которого размещают боевик нижней колонки взрывчатого вещества, например, шашка ТГ-500. Затем устанавливают инертный профилированный промежуток, над которым формируют колонку взрывчатого вещества (гранэмита И-50) с установкой в ней боевика. Оставшуюся свободную часть зарядной полости заполняют забоечным материалом. При инициировании боевика нижней колонки взрывчатого вещества детонирует нижний участок высокоэнергетического взрывчатого вещества.

Ударная волна, прошедшая по нижней колонке заряда, проникая в коническое входное пространство инертного профилированного промежутка, производит ударное нагружение внутренней поверхности инертного промежутка, который расширяется и запирает продукты детонации в пространстве зарядной полости.

Одновременно внутренней конической поверхностью профилированного промежутка происходит фокусировка и отражение ударной волны к донной части скважины.

Предполагается, что при взрыве верхней колонки взрывчатого вещества, нижняя часть продолжает работу разрушения на квазистатической стадии. В результате по линии наименьшего сопротивления по подошве происходит максимально возможное по длительности нагружение, обеспечивая качественную проработку подошвы уступа.

Известен также ряд конструкций боевиков с кумулятивным эффектом [20, 21], которые по предположению авторов могут использоваться не только как накладные кумулятивные заряды для дробления негабаритов, но и для усиления инициирования зарядов в донной части скважины (перебуре) с целью повышения качества проработки подошвы уступа.

В зависимости от физико-механических свойств горного массива и высоты уступа длина перебура скважины изменяется от 2 до 4 м [4, 5]. Однако, наличие перебура скважины на 20-30% увеличивает затраты на бурение и взрывчатые вещества (ВВ).

Исследование и разработка конструкций скважинных зарядов, позволяющих обеспечить необходимое качество взорванной горной массы, улучшить проработку подошвы уступа, способствовать повышению экономической эффективности работы горных предприятий с уменьшением величины перебура скважин приводится в работах [22-31].

На основе теоретических исследований определены глубины разрушения зарядом ВВ с кумулятивным эффектом, проведен выбор и обоснование материала, формы и толщины облицовки кумулятивного заряда. На основе изучения гидродинамической теории кумуляции заряда ВВ, установлена максимальная скорость струи в массиве горных пород в зависимости от скорости звука, установлен радиус действия кумулятивной струи при взрыве заряда ВВ в зависимости от массы заряда, глубины разрушения и плотности струи.

Определены зависимости угла схлопывания кумулятивной выемки в массиве горных пород в зависимости от радиуса и высоты, начальной скорости и скорости кумулятивной струи, времени схлопывания и толщины выемки.

Установлен радиус действия кумулятивного заряда в зависимости от массы ВВ, глубины разрушения кумулятивной струи и плотности заряда.

Однако параметры скважинного заряда с кумулятивным эффектом, одновременно предусматривают не только уменьшение на половину величины перебура, но и увеличение в 1,5-2 раза величины забойки. С одной стороны, обеспечивается лучшая проработка подошвы уступа, с другой стороны возможен выход негабарита из зоны нерегулируемого дробления со стороны верхней площадки и увеличения выбросов пыли в атмосферу из материала твердой забойки.

Из проведенного анализа научно-технической литературы видно, что в отечественной и мировой практике применение кумулятивного эффекта в скважинных зарядах на открытых горных работах для исключения перебура в нижней части скважины при взрывании сложноструктурных массивов кроме карьеров «Калмакыр» и «Ёшлик» не рассматривалось.

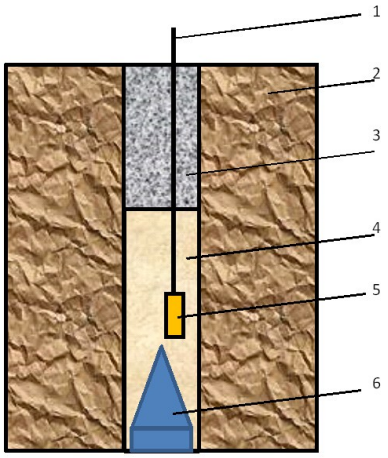


Рис. 1. Конструкция скважинного заряда кумулятивной воронкой и пеногелевой забойкой: *1 – средство инициирования; 2 – горный массив; 3 – низкоплотная пористая забойка; 4 – взрывчатое вещество; 5 – промежуточный детонатор; 6 – кумулятивная воронка*

Установлено, что для повышения качества дробления разнопрочных пород используется встречное инициирование скважинного заряда ВВ с симметричным и ассиметричным расположением боевиков относительно пропластка.

В мощных пропластках при постоянном удельном расходе ВВ увеличение длины заряда ведет к интенсивности возрастания дробления пропластка за счет увеличения длительности волн напряжений массива, создаваемых взрывами удлиненного скважинного заряда ВВ.

На наш взгляд одним из перспективных направлений для дальнейших исследований является конструкция скважинного заряда, способствующая повышению эффективности буровзрывных работ, качества дробления горных пород и уменьшению вредного воздействия на окружающую среду.

Это техническое решение заключается в использовании кумулятивного эффекта для исключения перебура скважин в нижней части уступа и забойки из низкоплотного пористого материала, например, пеногеля, обеспечивающего перераспределение энергии взрыва в горный массив (*рис. 1*).

Библиографический список:

1. Власов О.Е. Основы дробления горных пород взрывом // О.Е. Власов, С.А. Смирнов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 104 с.

2. Бибик И.П. Технологические схемы буровзрывных работ в условиях Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов // И.П Бибик., В.П. Ершов, Т.П. Кустиков // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2006. – № 4. – С. 36-37.

3. Бибик И.П. Управление взрывной подготовкой пород в технологических потоках карьеров // И.П. Бибик, С.К. Рубцов, Д.В. Сытенков. – Ташкент: Фан, 2008. – 424 с.

4. Белин В.А. Буровзрывные работы. Учебное пособие // В.А. Белин, М.Г. Горбонос, Г.С. Нутфуллоев и др. – Бухара: изд-во «Бухоро», 2017. – 136 с.

5. Белин В.А. Технология и безопасность взрывных работ. – М.: Горное дело. Киммерийский центр, 2016. – 424 с.

6. Норов Ю.Д. Совершенствование методов управления дроблением горных пород взрывом. Монография. – Бухара: «Бухоро», 2011. – 200 с.

7. Катанов И.Б. Низкоплотные материалы в конструкции скважинных зарядов на карьерах. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2012. – 124 с.

8. Демидюк Г.П. О механизме действия взрыва и свойства взрывчатых веществ // Г.П. Демидюк // Взрывное дело. – 1960. – № 45/2. – С. 20-35.

9. Петросов Ю.Э. Физическая сущность дробления горных пород взрывом скважинных зарядов ВВ // Петросов Ю.Э., Махмудов Д.Р, Уринов Ш.Р. // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – № 4. – С. 97-100.

10. А. с. № 614658. Устройство для рассредоточения заряда взрывчатого вещества воздушным промежутком // Н.В. Мельников, и др. // Опубл. Б. И. № 39, 1979.

11. А. с. № 300619. Способ отбойки полезных ископаемых // В.Н. Мосинец, А.В. Абрамов, С.К. Рубцов // Б. И. – № 3, 1971.

12. А. с. № 2657546. Способ отбойки горных пород на карьере // М.Ф. Друкованный, Э.И. Ефремов // Б.И. – № 21, 1979.

13. А. с. № 976745. Способ отбойки горных пород на карьерах // А.И. Глатоленков и др. // Б. И. – № 37, 1983.

14. Зырянов И.В. Влияние взрыва скважинного заряда с радиальным зазором на качество разрушения алмазоносной руды // И.В. Зырянов, И.Ф. Бондаренко, С.В. Ковалевич, С.И. Ким // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. № 5-2. – С. 58–71.

15. Друкованный М.Ф. Применение зарядов с воздушными промежутками при проведении горных выработок // Сб. «Взрывное дело». – № 55/12, 1984.

16. Лавреньтев М.А. Кумулятивный заряд и принцип его работы // Успехи математических наук. – М., 1987. – Т.12. – Вып. 4. – С. 12-16.

17. А. с. № 1627806 СССР. Кумулятивный заряд для дробления негабаритов // Г.Б. Фраш и др. // Опубл. 15.02.1991. Бюл. № 6.

18. Патент РФ № 2017959. Способ отбойки горных пород // В.П. Парников и др. // Опубл. 15.08.1994 г.

19. Патент РФ № 176467. Комбинированный скважинный заряд // Г.П. Парамонов, Ю.А. Миронов, А.В. Мысин // Опубл. 19.01.2018.

20. Патент № 83178942 Великобритания. Боевик с кумулятивной воронкой. Shaped priner / Beck Michael William : Заявка 2208913 от 27.07.1988; Опубл. 19.04.1989.

21. Патент № 87216289 Великобритания. Кумулятивный заряд. Shaping apparatus for an explosive charge / Alford Sidney Chritopher : Заявка 2209819 от 15.09.1987; Опубл. 24.05.1989.

22. Бибик И.П. Повышение эффективности взрывного рыхления разнопрочных массивов при разработке Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов // И.П. Бибик, Р.А. Рахманов, Д.С. Ивановский // Горный журнал. Цветные металлы. Специальный выпуск. – Москва, 2008. – № 8. – С. 49-51.

23. Бунин Ж.В. Способ взрывного разрушения массива разнопрочных горных пород // Ж.В. Бунин, Г.С. Нутфуллоев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – № 4. – Москва, 2013. – С. 340-344.

24. Бунин Ж.В. Определение глубины разрушения крепкого пропластка в массиве разнопрочных горных пород зарядом взрывчатых веществ с кумулятивным эффектом // Ж.В. Бунин, Ю.Д. Норов, Г.С. Нутфуллоев и др. // Взрывное дело. – № 113/70. Москва, 2015. – С.133-140.

25. Бунин Ж.В. Разработка методики расчета эффективных параметров ведения буровзрывных работ в разнопрочных горных породах // Ж.В. Бунин, Ш.Ш. Заиров, Г.С. Нутфуллаев и др. // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – № 1. – С. 25-29.

26. Бунин Ж.В. Методика исследования действия зарядов взрывчатых веществ с кумулятивным эффектом в разнопрочных горных породах // Ж.В. Бунин, Г.С. Нутфуллоев // Изд.-во РГГУ. – Москва, 2014. – 50 с.

27. Норов Ю.Д. Конструкция скважинного заряда взрывчатых веществ с кумулятивным эффектом // Ю.Д. Норов [и др.] // Известия вузов. Горный журнал. – № 7. – Москва 2017. – С. 70-77.

28. Патент РФ № 2594236. Способ взрывного разрушения массива разнопрочных горных пород рассредоточенными и укороченными скважинными зарядами с кумулятивным эффектом. // Р.А Рахманов и др. // Опубл. 10.08.2016, Б. И. – № 22.

29. Патент РФ № 2400702. Способ взрывания горных пород с твердыми включениями // Л. Батссурь и др. // Опубл. 27.09.2010, Б. И. – № 27.

30. Патент РФ № 2478912. Способ взрывания разнопрочных массивов горных пород // В.А. Белин и др. // Опубл. 10.03.2013, Б. И. – № 10.

31. Патент № IAP 06971 Республика Узбекистан. Способ равномерного дробления массива разнопрочных горных пород // Нутфуллоев Г.С. и др.

УДК 622.02 (075.8)
DOI:10.54073/GV.2023.3.94.006

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОГО МАССИВА КАРЬЕРОВ СЕВЕРНЫЙ И ЦЕНТРАЛЬНЫЙ «АМАНТАЙТАУ»

Жиянов А.Б.,
старший преподаватель кафедры
«Добыча и переработка руд редких и радиоактивных металлов»
НГГТУ

Буриев Ш.У.,
ассистент кафедры
«Горное дело» НГГТУ

Ushbu ishda barqarorlikni hisoblash va shunga mos ravishda massivning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash uchun ikkita yondashuv qo'llaniladi. Karer devorining barqarorligini hisoblash uchun, birinchi navbatda, karer devorini tashkil etuvchi tosh massasining fizik-mexanik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlarni belgilash kerak.

Tayanch iboralar: *tog' jinslarining fizik-mexanik xossalari, Guk-Braun mustahkamlik mezoni, Kulon mustahkamlik mezoni, ochiq kon devorining barqarorligi, geologik mustahkamlik GSI indeksi , alevoli, slanets.*

В данной работе использованы два подхода для расчётов устойчивости и, соответственно, для определения физико-механических характеристик массива. Для проведения расчётов устойчивости борта карьера необходимо, в первую очередь, установление параметров, характеризующих физико-механические свойства породного массива, слагающего борта карьера.

Ключевые слова: *физико-механические свойства породного массива, критерий прочности Хука-Брауна, критерий прочности Кулона, устойчивость борта карьера, геологический индекс прочности GSI, алевролит, сланец.*

Для проведения расчётов устойчивости борта карьера необходимо, в первую очередь, установление параметров, характеризующих физико-механические свойства породного массива, слагающего борта карьера. В данной работе использованы два подхода для расчётов устойчивости и, соответственно, для определения физико-механических характеристик массива.

Первый подход заключается в применении нелинейного критерия прочности Хука-Брауна и геологического индекса прочности GSI. Данный критерий прочности использован нами для расчётов устойчивости методом конечных элементов.

Второй подход заключается в использовании критерия прочности Кулона и в установлении его параметров для массива: сцепления и угла внутреннего трения в массиве. С использованием критерия прочности Кулона выполнены расчёты устойчивости методами предельного равновесия по ВНИМИ [1, 2].

В обоих подходах параметры, фигурирующие в критериях прочности, определяются в зависимости от характеристик нарушенности массива, изученной в рамках детальной разведки [3] и предыдущих этапов работы [4, 5].

Таблица 1

Характеристики для пород месторождения Амантайтау

Показатели	Переслаивания песчаника, сланцев и алевролита	Катаклазиты	Разломы
GSI	25	22	16
mi	14,3	14,3	14,3
D	0-1	0-1	0-1

При установлении параметров по методике Хука критерий прочности Хука-Брауна имеет следующий вид [6]:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s\right)^a$$

где σ_{ci} – это прочность на свободное сжатие (unconfined compressive strength);

m_b, s и a – характеристики породного массива, которые находятся в соответствии со следующими зависимостями:

$$m_b = m_i \exp\left[(GSI - 100)/(28 - 14D)\right],$$

$$s = \exp\left[(GSI - 100)/(9 - 3D)\right],$$

$$a = \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right).$$

В последних трёх зависимостях:

GSI – это собственно геологический индекс прочности;

mi – показатель, характеризующий увеличение прочности при боковом сжатии;

D – показатель нарушенности массива взрывными работами.

Величины данных характеристик, принятые для месторождения Амантайтау, представлены в *табл. 1*.

Величина GSI принята равной средней из трёх определений, произведённых в работе [5].

Значение показателя *mi* принято, как средневзвешенное для переслаивающихся пород месторождения значениями 19 для песчаников, 9 для алевролитов, 6 для сланцев, рекомендованными

Таблица 2

Расчётные значения физико-механических свойств массива

Породы	Сцепление, *т/м³*	Угол внутреннего трения	Объемный вес, *т/м³*
Переслаивания песчаника, сланцев и алевролита	23,8	21,5	2,52
Породы разломов	6,0	21,5	2,52
Катаклазиты	6,0	21,5	2,52
Глина делювиальная	3,77	19,2	2,04
Глина аллювиальная	6,42	21,6	2,02
Песок	0,25	33,0	1,80
Мергель	47,9	27,0	1,95

Хуком [7]. Веса приняты соотносящимися с суммарными длинами интервалов по скважинам в базе данных. Суммарная длина интервалов песчаника в скважинах составляет 48376,2 *м*, алевролита – 27180,8 *м*, сланцев – 9805,5 *м*.

Показатель нарушенности прибортового массива взрывными работами принят равным D = 0 в глубине массива и D = 1 у поверхности борта карьера. Ширина нарушенной взрывами зоны с D = 1 принята равной T = 1,5H = 23 *м*, где H – высота рабочего уступа, согласно рекомендациям Хука [8].

Прочность на свободное сжатие примем равным прочности на одноосное сжатие в связи с отсутствием результатов испытаний на трехосное сжатие.

Средняя прочность на одноосное сжатие пород палеозойского комплекса составляет 50,5 *МПа* [2].

Не относящиеся к критерию прочности Хука-Брауна параметры пород рассмотрены и установлены по методике ВНИМИ.

По методике ВНИМИ расчёты устойчивости, выполняются с применением критерия прочности Кулона, и для этого требуется определение параметров:

– сцепление пород в массиве (*C*);

– угол внутреннего трения в массиве (*φ*);

– объёмный вес горных пород (*γ*).

В качестве угла внутреннего трения и объёмного веса горных пород в массиве принимаются значения, полученные для образца.

Сцепление в массиве скальных и полускальных пород, определяется с использованием известной эмпирической зависимости ВНИМИ [4]:

$$C_M = \frac{C_0 - C'}{1 + a' \ln\left(\frac{H}{l_T}\right)} + C'$$

В данной зависимости *H* – наибольшая высота борта проектируемого карьера, в нашем случае равная 410 *м*.

a' – табличный коэффициент, зависящий от прочности пород в куске и от характера их трещиноватости. В рассматриваемых условиях, согласно [1, 2], принимая во внимание механические свойства пород и характеристику их трещиноватости, данный коэффициент принимается, равным *a*' = 3 для скальных пород.

lт – размер структурного блока (расстояние между трещинами). Согласно проведённым исследованиям [5] среднее расстояние между трещинами в палеозойских породах месторождения составляет 6,48 *см*.

C_0 – сцепление в куске. Среднее значение сцепления в куске для переслаиваний песчаника, сланцев и алевролита составляет 622 *т/м²* [5].

C' – сцепление по трещине, принятое для скальных пород равным 1,2 *т/м²*.

В *табл. 2* приведены найденные с использованием данной зависимости расчётные характеристики пород в массиве.

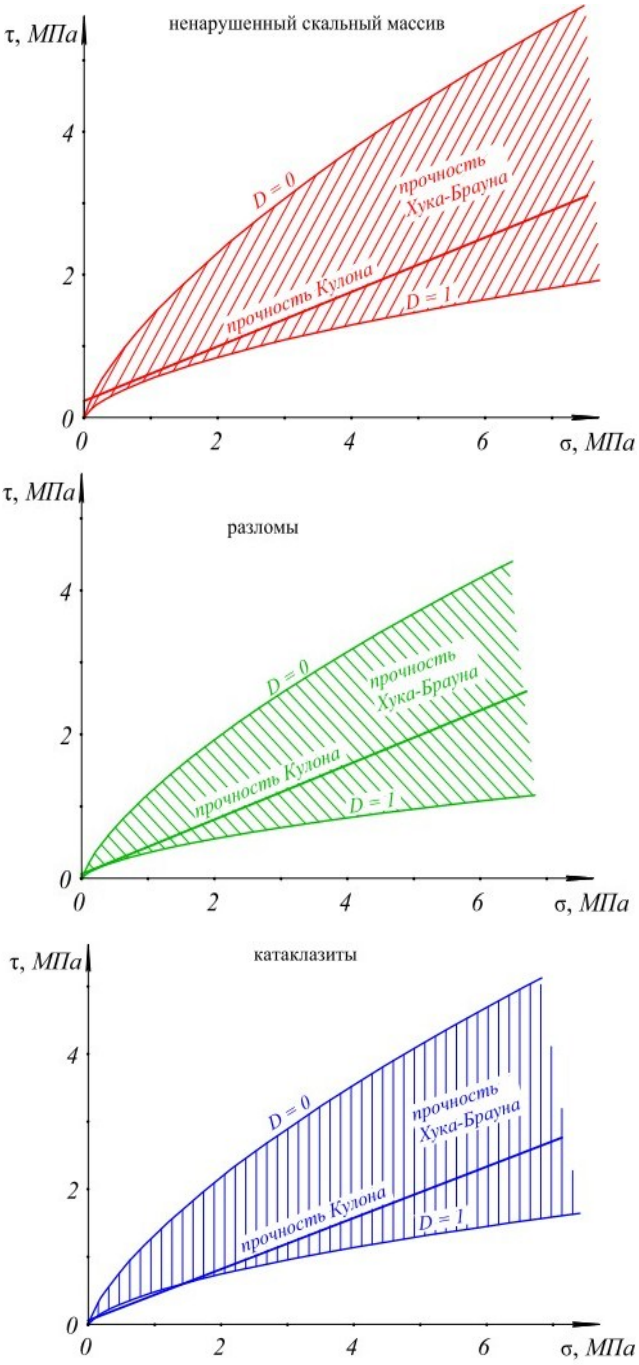


Рис. 1. Сравнение кривых прочности Кулона и Хука пород месторождения Северный и Центральный Амантайтау

Отдельные испытания и обследования пород разломов и катаклазитов не проводились, поэтому сцепление по ним принято по данным месторождений аналогов [9], а угол внутреннего трения и объёмный вес по данным испытаний скальных пород [2].

Свойства пород рыхлых отложений приняты по данным лабораторных испытаний [10]. В сцепление пород внедрён масштабный коэффициент (аналогичный коэффициенту структурного ослабления для скальных пород) λ = 0,5.

Указанные в *табл. 2* параметры пород рыхлой толщи использованы также и при численном моделировании методом конечных элементов. Составляющие прочности трещин при расчётах, основываясь на итогах лабораторных испытаний, приняты следующими: сцепление C' = 1,2 *т/м²*, угол внутреннего трения *φ* = 19,60.

Для сравнения получаемых кривых прочности пород палеозойского комплекса месторождения построены их графики (рис. 1). По горизонтальной оси отложены нормальные напряжения, а по вертикальной – касательные.

Сравнение графиков на *рис. 1* показывает, что в целом кривая прочности Кулона, построенная частично по характеристикам, полученным способом ВНИМИ, лежит в интервале возможных значений прочности Хука-Брауна.

Линейная огибающая в наибольшей степени совпадает с кривой прочности Хука-Брауна при низких значениях нормальных и касательных напряжений и при коэффициенте нарушенности взрывами D = 1.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что с одной стороны это означает, что запас устойчивости откосов, подсчитанный двумя различными способами, будет давать близкие друг к другу результаты.

С другой стороны устойчивость борта карьера тоже не должна сильно различаться в обоих случаях, так как величина D снижается в направлении вглубь массива, где напряжения будут наибольшими. Косвенно выполненное сравнение также подтверждает то, что подбор прочностных свойств пород в массиве выполнен, верно.

Библиографических список:

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л.: ВНИМИ, 1972 г.

2. Тураев А.С., Жиянов А.Б., Буриев Ш.У. Исследование влияния отношения высоты образца к его диаметру на прочностные и деформационные свойства горных пород // Горный Вестник Узбекистана. – № 1 (80). – Навои, 2020 г. – С. 18–21.

3. Жиянов А.Б., Амонова С.У. Распределение золота в сулъфидах золото-колчеданных руд месторождения в Центральных Кызылкумах. Сборник материалов 15-ой Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». 29–30 октября 2019 г. – Минск – Тула – Донецк. – Том 3. – С. 16-19.

4. Отчёт по НИР «Исследование физико-механических свойств горных пород месторождений Северный и Центральный Амантайтау и обоснование предельных параметров угла откоса бортов и уступов карьеров». 1 этап. АО ВНИМИ, СПб, 2019 г.

5. Отчёт по НИР «Исследование физико-механических свойств горных пород месторождений Северный и Центральный Амантайтау и обоснование предельных параметров угла откоса бортов и уступов карьеров». 2 этап. АО ВНИМИ, СПб, 2019 г.

6. Hoek E., Brown E.T. The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition / Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering xxx (2018), pp. 1-19.

7. Hoek E. Putting numbers to geology — an engineer's viewpoint / Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 32. pp. 1-19, 1999. https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1999.032.P1.01

8. Hoek E. and Karzulovic A. Rock mass properties for surface mines, in Slope Stability in Surface Mining. (Edited by W.A. Hustralid, M.K. McCarter and D.J.A. van Zyl), Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgical and Exploration (SME), 2000, pp. 59-70.

9. Силкин А.А. и др. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана. – Ташкент: «Фан», 2005 г. – 117 с.

10. Руководство по проектированию бортов карьера. Guidelines for open pit slope design: научное издание. – Екатеринбург: Правовед, 2015. – 528 с.

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

УДК 522.3 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.007

ОСОБЕННОСТИ МАГМАТИЗМА ЧАКЫЛКАЛЯНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЛОКАЛИЗАЦИЮ АПОГРАНИТОИДНОГО ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Жураев М.Н.,
доцент
кафедры «Геология месторождений полезных ископаемых, поиски и разведка» ТГТУ,
PhD

Жумагулов А.Б.,
старший преподаватель
кафедры «Гидрогеология, инженерная геология и геофизика» ТГТУ

Темиров Т.Х.,
зам. начальника
геологического отдела
исполнительного аппарата
по подземным горным работам
АО «Алмалык ГМК»

Каюмов Б.Б.,
докторант
Навоийского отделения АН РУз.

Maqolada, kvars-diorit-granodiorit tarkibli yaxton, gabbro-monsonit-siyenit tarkibli almalisoy va ishqorli bazalt tarkibli janubiy tyan-shan majmualariga aloqador, Chakqilkalon megabloki magmatizmining shakllanishi haqida so'z boradi.

Yaxton ma'danli maydonida yagona dayka, Janubiy O'zbekistonning qo'shni xududlarida esa dayka va ditrema shaklida xosil bo'lgan erta mezazoy formatsiyasidagi, tarkibida traxidolerit va kampto-monchikit bo'lgan magmatizmning ishqorli – bazalt muxsuli Chaqilkalon megabloki markaziy qismining metallogenik va geologik tuzilishini tushunishda muxim omil sifatida qaraladi.

Tayanch iboralar: *volfram, sheelit, jinslar, mineral, intruziya, konlar, Chakilkalyan, Yaxton, megablok, mezokratik, leykokratik minerallashuvlar, granodioritlar, daykalar.*

В статье рассмотрена роль магматических событий при формировании Чакылкалянского мегаблока, которые относятся к яхтонскому кварцево-диорит-гранодиоритовому, алмалысайскому габбро-монцонит-сиенитовому и щелочному базальтоиду южно-тяньшанского комплекса.

Особую значимость для понимания геологического строения и металлогении центральной части Чакылкалянского мегаблока имеют продукты щелочно-базальтового магматизма, составляющие раннемезозойскую формацию трахидолеритов и кампто-мончикитов, образующие на Яхтонском рудном поле единичные дайки, а на сопредельных территориях Южного Узбекистана и дайки, и диатремы.

Ключевые слова: *вольфрам, шеелит, породы, минералы, интрузив, месторождения, Чакылкалян, Яхтон, мегаблок, мезократовые, лейкократовые оруденения, гранодиориты, дайки.*

Основные магматические события при формировании Чакылкалянского мегаблока относятся к двум принципиально различным стадиям. На ранней стадии в позднем карбоне происходит внедрение в центральную часть узловой позиции гранитоидов гипабассальной фации глубинности, относимых к яхтонскому кварцево-диорит-гранодиоритовому комплексу.

Поздняя стадия магматизма Чакылкалянского мегаблока дайковая, объединяющая лампрофиры алмалысайского габбро-монцонит-сиенитового комплекса (перм-триас) и щёлочные базальтоиды южно-тяньшанского комплекса (T_{2-3}).

Образование яхтонского комплекса происходило в следующей хронологической последовательности: мелкозернистые слабо порфировидные пироксен-амфибол-биотитовые и биотит-амфиболовые кварцевые диориты и кварцевые сиенито-диориты; мелко-среднезернистые порфировидные биотит-амфиболовые (мезократовые) гранодиориты (главная интрузивная фаза); мелко- и среднезернистые порфировидные амфибол-биотитовые (лейкократовые) гранодиориты; жильные породы первого этапа: граниты, аплит-граниты, аплиты, пегматиты; жильные породы второго этапа: диоритовые порфириты; гранодиорит-порфиры; гранит-порфиры [1].

Кварцевые диориты и сиенито-диориты встречаются в виде ксенолитов, реже – небольших самостоятельных тел.

Мезократовые и лейкократовые гранодиориты имеют относительно схожий минеральный состав.

Нижняя возрастная граница комплекса фиксируется средне-верхнекаменноугольными отложениями маргузорской свиты, верхняя – дайками микрошонкинитов и вогезитов пермо-триасового алмалысайского комплекса. Радиологические данные – 268-309 млн. лет (определения по биотиту и амфиболу, K-Ar метод, ВСЕГЕИ). Учитывая, что в некоторых массивах заметны следы смятия (участие в складчатости), не затронувшего позднекаменноугольные интрузивы Зарафшано-Туркестанского сегмента, возраст яхтонского комплекса принимается как соответствующий началу верхнего карбона [2].

Петрохимически породы Яхтонского интрузива характеризуются умеренной щелочностью ($Na_2O + K_2O$ = 7,22%) и известковистостью, умеренной железистостью (F = 68%) и пониженной кислотностью главных типов пород. По диаграмме Пикока они относятся с щёлочно-известковым разностям с индексом 52%, при натри-калиевом подтипе щёлочности.

Характерно, что мелано- и мезократовые породы яхтонского комплекса на основе количественных минеральных соотношений определяются как существенно плагиоклазовые гранитоиды, но обладают повышенным содержанием калия, фиксируемого в обильном биотите.

Комплекс немагнитный. Содержание (в *г/т*): Rb − 100-150, Sr – 670-790, S РЗЭ 170-260. Особенностью пород комплекса является сквозная минерально-акцессорная специализация на вольфрам с

повышением содержания акцессорного шеелита в ряду диориты и кварцевые диориты (30 *г/т*) – гранодиориты главной фазы (55 *г/т*) – гранодиориты из даек (95 *г/т*) – гранодиорит-порфиры поздней фазы магматизма (105 *г/т*).

Породы комплекса также отчетливо геохимически специализированы на вольфрам. Гранодиориты главной фазы содержат около 21 *г/т* вольфрама (12 кларков-концентраций).

Для пород комплекса характерны недонасыщенность SiO_2 и пониженная общая железистость, сочетающиеся с повышенной щёлочностью. Породы комплекса несут повышенные (относительно кларков) содержания Pb, Sn, Cr, Ni, иногда Hg.

Комплексы регионального распространения включают сложнопостроенный алмалысайский габбро-монцонит-сиенитовый и южно-тяньшанский комплекс даек субщелочных габброидов и лампрофиров. Дайки алмалысайского комплекса (перм-триас) встречаются как в пределах Яхтонского рудного поля, так и на сопредельных площадях. Представлены они диоритовыми порфиритами; керсантитами; спессартитами и пироксеновыми вогезитами.

Простирание даек преимущественно северо-восточное, редко северо-западное, единичные дайки широтного направления. Падение крутое (65º-80º). Мощность варьирует от 0,2 *м* до 3 *м*, протяжённость до 3 *км*. Дайки алмалысайского комплекса секут весь домезозойский разрез, все гранитоидные комплексы и во многих случаях пересекают шарьяжные структуры [3].

Возраст комплекса определятся следующими соотношениями: его породы прорывают позднекаменноугольные гранитоиды гиссарского и каратюбе-зирабулакского комплексов и пермские субвулканические риолит-порфиры Яккабагских гор. Данные абсолютного возраста (231-27 млн. лет, K-Ar метод, биотит, ВСЕГЕИ) не противоречат представлению о пермо-триасовом возрасте комплекса.

Таблица 1

Распределение рудогенных элементов (*г/т*) в дайковых образованиях Яхтонского рудного поля (Составлена по данным полевых метериалов)

Элемент	Диоритовый порфирит	Керсантит	Спессартит	Вогезит	Камптонит
W	3,44	3,55	2,3	4,61	2,36
Mo	0,32	3,29	0,84	1,82	4,07
Sn	5,0	4,3	2,3	5,8	3,4
Au	0,018	0,006	0,007	0,007	0,006
Ag	0,45	0,62	0,33	0,77	0,35
Cu	16,1	50,7	9,3	28,3	57,0
Pb	29,4	34,7	11,2	38,0	11,3
Zn	67,0	83,8	64,2	76,8	103,6
Cd	0,24	0,25	0,15	0,21	0,15
As	15,4	18,2	16,4	15,5	16,6
Sb	1,9	5,0	3,0	3,0	1,8
Bi	0,041	0,20	0,14	0,22	0,12
Se	0,14	4,11	0,13	1,25	3,16
Te	0,11	0,056	0,068	0,068	0,056
Cr	194	120	147	131	103
V	79	120	130	77	154
Ni	25,8	101	18,5	26,4	144,8
Co	15	23	20	16	42
Re	0,0018	0,0076	0,0012	0,0024	0,0084
U	6,9	2,9	3,3	6,1	3,4
Th	23,2	7,6	7,3	23,1	7,6
Pt	0,014	0,006	0,007	0,018	0,006
Ta	3,14	2,40	2,18	1,65	5,67

Примечание: *Анализы выполнены в ГП «Центральная лаборатория» Госкомгеологии РУз Банновым В.А., на масс-спектрометре ICP-MS 7500 Series Agilent Technologiest, Япония*

Петрохимические особенности комплекса: недонасыщенность пород SiO_2 и Al_2O_3; повышенная щёлочность при ведущей роли калия. Общая железистость нарастает от 48% в ранних подразделениях до 76% в поздних.

Тип акцессорной минерализации шеелитовый с апатитом, магнетитом и флюоритом. Содержания акцессорного шеелита в керсантитах и спессартитах 34-36 *г/т*.

Особую значимость для понимания геологического строения и металлогении центральной части Чакылкалянского мегаблока имеют продукты щелочно-базальтового магматизма, составляющие раннемезозойскую формацию трахидолеритов и кампто-мончикитов, образующие на Яхтонском рудном поле единичные дайки, а на сопредельных территориях Южного Узбекистана и дайки, и диатремы. Камптониты, кампто-долериты, мончикиты и эссексит-диабазы формации объединены в южно-тяньшанский комплекс даек субщелочных габброидов и лампрофиров (T_{2-3}), как комплекс даек и трубок взрыва регионального распространения выделенный Мушкиным И.В. (1977).

Комплекс является наиболее поздним магматическим таксоном района, прорывая все палеозойские его подразделения. Данные по измерению абсолютного возраста в Южном Гиссаре характеризуют интервал времени 223-245 млн. лет, что не противоречит представлению о средне-, верхнетриасовом возрасте, геологически обоснованном на территории Таджикистана.

По химизму породы комплекса характеризуются пониженным содержанием кремнезёма, глинозёма, щёлочей (с преобладанием натрия над калием) и повышенным содержанием титана, магния и железа. По наличию анальцима и нормативного нефелина породы даек (и диатрем на сопредельных площадях) могут быть отнесены к формации щёлочных базальтоидов калинатровой серии.

Породы комплекса несут повышенные (относительно кларков) содержания Se, Re, As, Ag, W, Mo, Ni, Au (*табл. 1*) и также, как породы ранних стадий магматизма, акцессорно специализированы на вольфрам (содержания шеелита в неизмененных камптонитах – частые знаки).

Для даек и диатрем, сложенных породами южно-тяньшанского комплекса, характерно значительное количество ксенолитов нижнекоровых и мантийных пород угловатой и округлой формы. К нижнекоровым ксенолитам относятся кристаллические сланцы и эклогитоподобные породы.

Среди мантийных нодулей по распространённости и размерам резко преобладают (до 90% обломков) округлые включения интенсивно карбонатизированных гипербазитов группы шпинелевых верлитов и лерцолитов, реже, преимущественно в дайковой фации базальтов-микродиабазов, отмечаются чёрные шпинель-гранатовые пироксениты, а также группа зелёных и чёрных оливиновых и шпинелевых пироксенитов (Головко А.В., 1990). Присутствие высокобарических ксенокристаллов (санидина и диопсида) вероятно указывает на значительную глубинность магматического очага.

Распределение рудогенных элементов (*г/т*) в дайковых образованиях Яхтонского рудного поля (среднее по 5 анализам для каждого типа даек) приведено в *табл. 1*.

В дайках различного состава отмечено наличие сквозных элементов с содержаниями, превышающими кларки. Это Te (56-110), Bi (5,9-31,4), Re (8,4-16,9), Ta (1,4-11,3), As (7,7-9,1), Ag (3,2-8,9), W (2,0-3,8), Au (1,7-2,1) – в скобках диапазон значений кларков – концентрации. Большинство из указанных элементов (Bi, Te, W, Au, As, Ag) являются рудообразующими и входят в состав типоморфной продуктивной ассоциации апогранитоидного вольфрамового оруденения.

Дополнительно необходимо отметить сквозное накопление в ряду керсантит-вогезит-камптонитов таких элементов как Se (9,6-29,3), Ni (2,0-11,1), Mo (1,2-3,0).

Особое значение для геохимической характеристики описываемого рудного процесса может иметь Se, который рассматривается как геохимический индикатор процессов глубинного магматизма [4] и является характерным элементом глубинных базальтовых и перидотитовых магм.

Приведенные данные могут косвенно свидетельствовать о единстве магмогенерирующего очага при формировании даек лампрофиров и щёлочных базальтоидов.

Вольфрамовое оруденение Чакылкалянского мегаблока максимально проявлено на месторождении Яхтон, где оно приурочено к экзо-, эндоконтактовой зоне штокообразного интрузивного тела. Основными породами, вмещающими вольфрамовое оруденение в нижнем ярусе месторождения Яхтон, являются неравномерно среднезернистые порфировидные биотит-амфиболовые гранодиориты главной интрузивной фазы.

Процесс формирования околорудного пространства состоит из двух последовательных этапов. На первом этапе, вмещающие оруденение гранодиориты, были подвержены кислотному выщелачиванию, которое сменилось щелочным метасоматозом.

В процессе кислотного выщелачивания основные породообразующие минералы гранодиоритов активно преобразуются, что приводит к выносу из околорудного пространства целого ряда петрогенных элементов. В процессе щелочного метасоматоза в новообразованной породе появляется альбит, кальцит, поздний кварц и калиевый полевой шпат.

В процессе щелочного метасоматоза большинство зёрен плагиоклаза замещены облачно-пятнистыми скоплениями несдвойникованного мелкозернистого альбита, среди которого распространены микрореликты интенсивно серицитизированного первичного плагиоклаза, реже у некоторых кристаллозёрен плагиоклаза наблюдается кайма альбита. Порфировидные зёрна плагиоклаза почти нацело замещены микрозернистым кальцитом с мелкими пятнистыми выделениями альбита [5]. Роговая обманка в основном нацело замещается хлоритом с лейкоксеном, местами с цоизитом, плагиоклаз интенсивно пелитизирован и замещен серицитом, биотит замещается хлоритом с мусковитом и лейкоксеном. Плагиоклаз в исходной породе образует таблитчатые и изометричные сечения призматических (иногда полизональных) кристаллов 0,5-1,5 *мм* по длинной оси. В процессе кислотного выщелачивания плагиоклаз интенсивно пелитизирован и пятнисто серицитизирован. Однако процесс выщелачивания развит крайне неравномерно. В отдельных зёрнах серицит составляет на их площадях до 40–45%. В тоже время многие другие его зёрна остались при этом совершенно чистыми [6]. Биотит исходных пород интенсивно замещается хлоритом с мусковитом и лейкоксеном.

Завершающим этапом кислотного выщелачивания в сформированных кремнекислых метасоматитах явилось отложение магнетита и сульфидов (арсенопирита, пирита и пирротина).

Результатом интегрального кремнещёлочного метасоматоза явились породы, состоящие из кварца и кальцита, при широком участии калиевого полевого шпата и альбита и локально проявленных эпидота, тремолита, моноклинного пироксена, сфена и апатита.

Метасоматический кварц образует обычно изометричные зёрна не крупнее 0,5 *мм*, часто группирующиеся в мелкие гнёзда, а также выполняет совместно с калиевым полевым шпатом и редкими зёрнами хлорита по биотиту интерстиции между зернами плагиоклаза и роговой обманки. В других участках преобладает кварц с тремолитом, хлоритом и сфеном.

Отдельные участки метасоматитов сложены мелкозернистым кальцитом почти в чистом виде.

Описанная модель формирования околорудного пространства чётко вписывается в характер и динамику поведения в нём основных петрогенных элементов. В процессе предрудного метасоматоза формируется устойчивый тренд на вынос Na, Al, P и привнос K, Ca, Si при переменной динамике поведения Mg и Fe. В минерализованных зонах, содержащих вольфрамоворудные тела, тенденция выноса Na и P усиливается при сохранении уровня выноса Al, и наблюдается существенный привнос Ca, Si, Mg, Fe. Следует обратить внимание на вынос K из минерализованных зон по отношению к вмещающим их околорудным метасоматитам (*табл. 2*).

Таблица 2

Модель формирования околорудного пространства и динамика поведения в нём основных петрогенных элементов (Составлена по данным полевых материалов)

Номера зон в околорудном пространстве	Элементы, *г/т*						
	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Fe
Условно фоновые гранодиориты	22799	8860	64827	968	33904	32531	28899
Внешняя зона	20804	9284	62917	932	33637	38910	28745
Удаленная околорудная зона	18775	9633	57827	668	31635	42617	27593
Ближняя околорудная зона	18735	11862	64675	694	30201	54713	33697
Рудно-минерализованная зона	15420	15740	57187	627	22071	82182	43705
Кларк элементов в гранодиоритах	27800	11000	86000	1100	25200	24000	33000

Вольфрамоворудные тела нижнего яруса месторождения Яхтон размещаются в зонах поликомпонентных метасоматитов, сформированных по гранодиоритам [7].

Рудные тела имеют в основном лентовидную форму при средних мощностях 4-5 *м*. По простиранию они прослежены на сотни метров.

Главный промышленный компонент руд вольфрам (среднее содержание в рядовых рудах 0,3-0,5%, в богатых 1,5-2,0%). Потенциальный интерес могут представлять золото (содержание в отдельных пробах до 3-4 *г/т*), молибден (до 500-800 *г/т*), серебро (до 115 *г/т*).

Основной минерал вольфрама шеелит представлен двумя генерациями – ранней, ассоциирующей с молибденитом и золотом, образующим рассеянную вкрапленность (с отдельными зёрнами размером 2-3 *мм*) и гнезда (размером до 0,5-1,0 *см* в поперечнике). Для поздней генерации шеелита характерна ассоциация с сульфосолями (возможно образованная в процессе телескопирования различных минеральных ассоциаций) и прожилковая форма обособлений (при мощности прожилков от нитевидных до 2-3 *мм*).

Для шеелита первой генерации характерна ярко-голубая люминисценция, для шеелита второй генерации – голубовато и желтовато-белая.

В пределах рудоносных зон шеелитовая минерализация сопровождается пирит-арсенопиритовой, сульфосольной (с сочетанием в ней сурьмяно-серебрянных и свинцово-сурьмяных сульфосолей), молибденитовой и галенит-сфалеритовой минеральными ассоциациями.

Важной особенностью рудоносных зон является наличие в них тонких прожилков коричневато-черного смолоподобного углистого вещества (типа антраксолита), выполняющих микротрещины и межзерновое пространство и, по-видимому, фиксирующих в околорудном пространстве привнос ювенильного углерода.

В роли индикаторов минералообразующего процесса выступают селен и теллур, образующие изоморфную примесь в широком спектре рудных минералов.

Полистадийный и дискретный характер рудного процесса с телескопированием в околорудном пространстве продуктов различ-

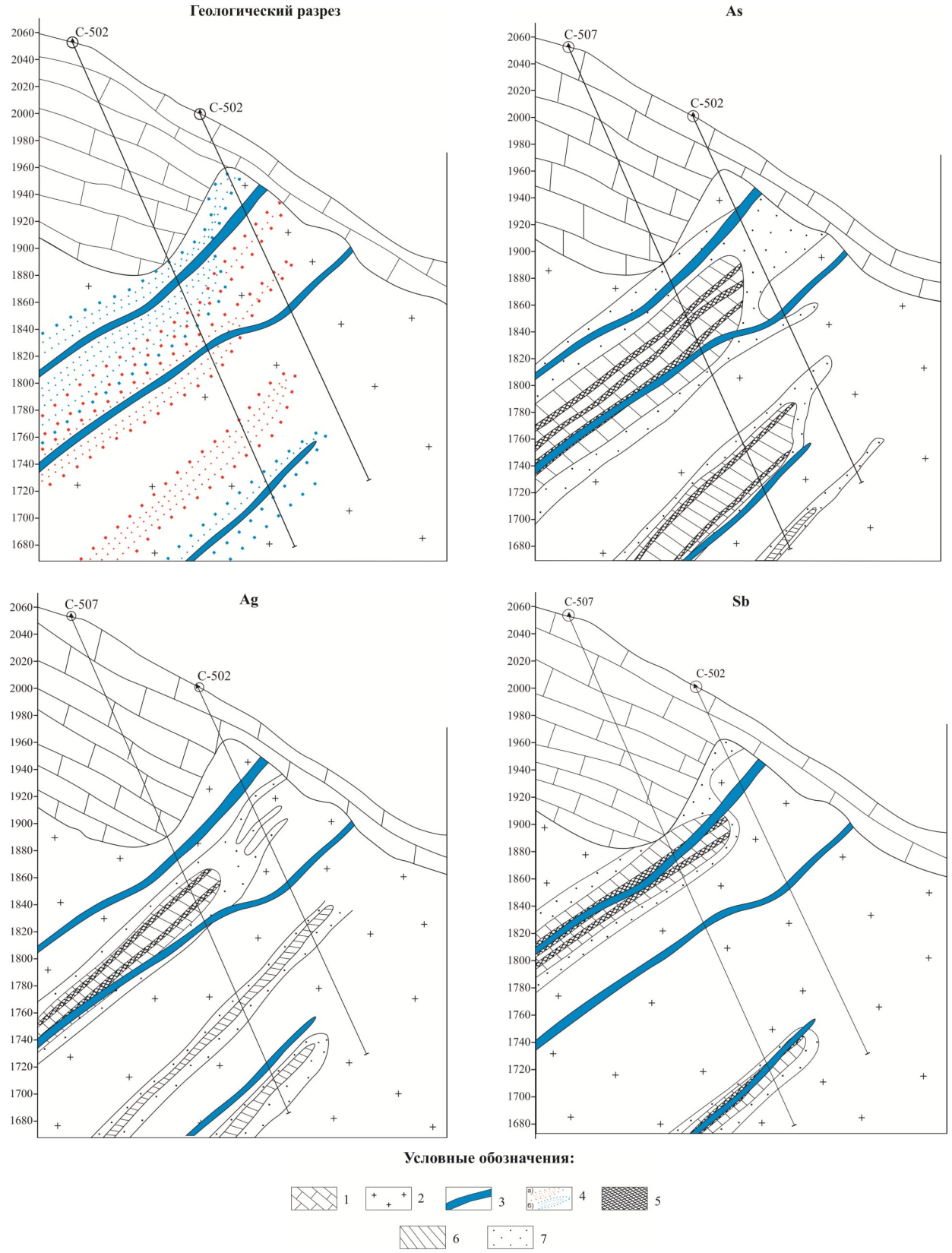


Рис. 1. Распределение первичных ореолов основных рудогенных элементов: *1 – карбонатные породы рамы Яхтонского интрузива; 2 – гранодиориты главной фазы Яхтонского комплекса; 3 – вольфрамоворудные тела; 4 – зоны минерализации: а) пирит-арсенопиритовой, б) сульфосольной. Содержание элементов, г/т: 5 – W – 100-1000, As – 150-500, Ag – 50-250, Sb – 30-100; 6 – W – 50-100, As – 50-150, Ag – 15-30, Sb – 10-30; 7 – W – 20-50, As – 10-50, Ag – 1-5, Sb – 3-10*

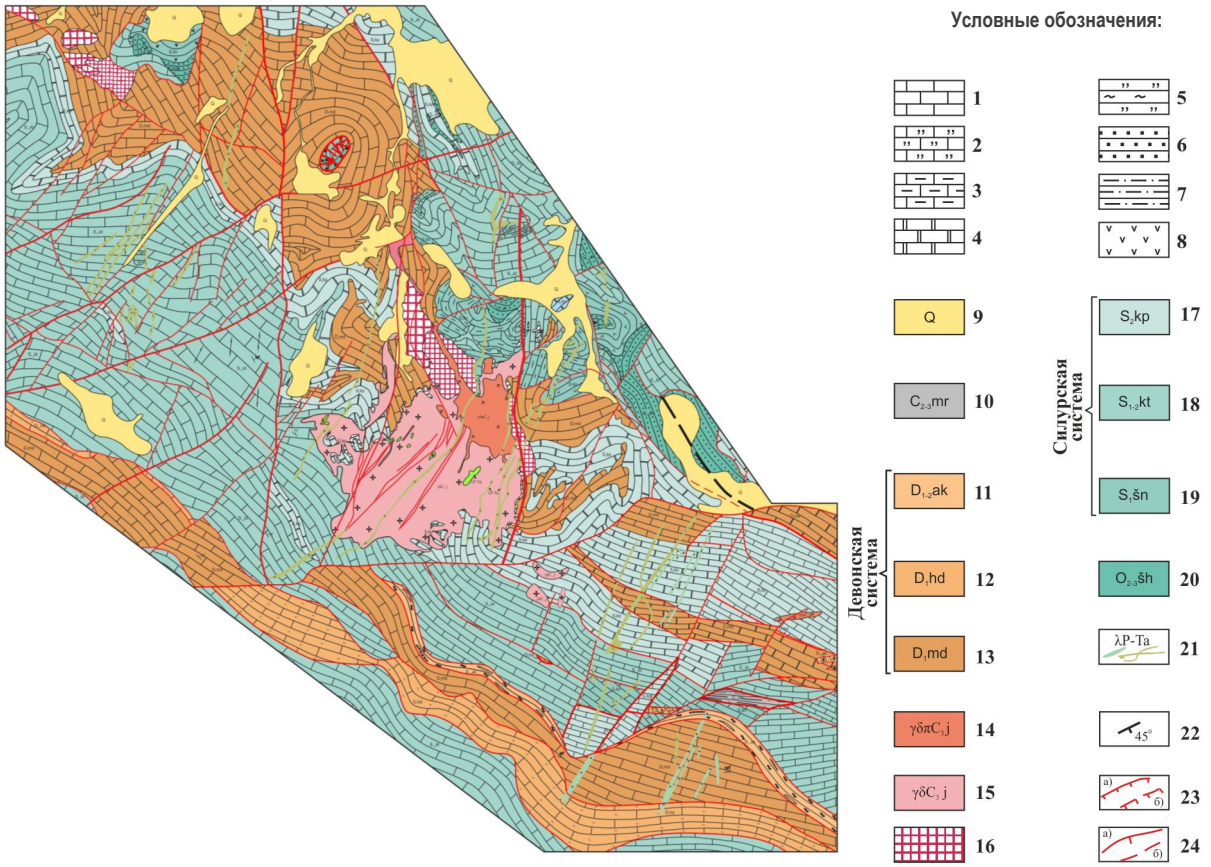


Рис. 2. Геологическая карта Яхтонского рудного поля: *1 – известняки; 2 – известняки-кремнистые; 3 – мергели-известковые; 4 – доломиты; 5 – сланец-окремненные; 6 – песчаники; 7 – роговики слюдисто-кварц-полевогошпатового состава; 8 – андезиты; 9 – четвертичные отложения нерасчлененные; 10 – каменноугольная система, средний-верхний отделы нерасчлененные, Маргузарская свита; 11 – Девонская система, нижний-средний отделы, Акбайская свита; 12 – Девонская система, нижний отдел, Ходжакурганская свита; 13 – Девонская система, нижний отдел, Мадмонская свита; 14 – Силурская система, верхний отдел, Купрукская свита; 15 – Силурская система, нижний-верхний отделы, Кутуракская свита; 16 – Силурская система, нижний отдел, Шингская свита; 17 – Ордовикская система, средний-верхний отделы, Шахриомонская свита; 18 – Алмалисайский габбро-монцонит-сиенитовый комплекс; 19 – Яхтонский кварцево-диорит-гранодиоритовый комплекс; 20 – гранодиориты биотит-амфиболовые порфировидные мелко-, среднезернистые; 21 – минерализованные брекчии интенсивно скарнированные; 22 – элементы залегания пород; 23 – надвиги, взбросо-надвиги: а) прослеженные, б) предполагаемые; 24 – взбросы, сбросы: а) прослеженные, б) предполагаемые*

ных стадий формирует сложно-построенное общее ореольное поле рудогенных элементов, имеющее внутреннюю линейную неоднородность.

На первом этапе изучения вольфрамового оруденения нижнего яруса месторождения Яхтон околорудное пространство можно условно разделить на 4 зоны, характеризующихся различными кларками-концентрации (КК) вольфрама и различным поведением основных рудогенных элементов [6].

В целом для всей зоны характерны содержания, превышающие фоновые Bi (807), Te (630), As (38,7), Ag (37,8), Se (28,2), Mo (15,5), W (8,4), Au (6,0) (привнесенные в околорудное пространство на предрудной стадии); содержания, близкие к фоновым –Sn (4,1), Cd (4,0), Cr (3,0), Ba (2,7) Cu (2,6), U (2,6), B (2,0), Pb (1,7) и содержания ниже фона Zn (0,9), Be (0,9), Mn (0,8), Co (0,8), Ni (0,7), Sb (0,6), Li (0,6), Zr (0,5), Nb (0,5), V (0,4). Рудно-минерализованная зона, содержащая промышленные вольфрамоворудные тела (с КК W > 50), характеризуется: существенным привносом Bi (3770), Te (2200), W (544), Au (250), Ag (137), As (165,5); умеренным привносом Se (40), Mo (32), Sn (10), Cu (6,4) Pb (5,4); содержаниями близкими к фоновым U (2,6), Cd (2,5), Cr (2,3), Ba (2,1), B (2,1), Co (2,0), Mn (1,7), Sb (1,7), Zn (1,1), Be (1,0) и выносом Ni (0,5), Zr (0,5), Li (0,4), Nb (0,4), V (0,3) – в скобках указаны кларки-концентраций.

Для вольфрамового оруденения нижнего яруса месторождения Яхтон обобщённый ряд относительной интенсивности имеет вид Bi-Te-W-Au-Sb-As-Ag-Se-Mo-Sn-Cu-Be-U-Cd-Cr-B-Ba-Co-Mn. Первые 9 элементов рассматриваются как типоморфный геохимический комплекс объекта.

Распределение первичных ореолов основных рудогенных элементов иллюстрируется на примере разреза, представляющего центральное типовое сечение нижнего яруса участка Северный месторождения Яхтон (*рис. 1*).

Наиболее интенсивные ореолы в околорудном пространстве нижнего яруса месторождения Яхтон образуют элементы, входящие в типоморфную ассоциацию вольфрамового оруденения [6].

Морфология ореолов в целом отражает строение минерализованных зон и их существенную внутреннюю неоднородность. Устойчивые связи (значимые на уровне 5%) в корреляционных графах образуют блоки: V-Pb-W-Li; Bi-Au-Te; Ag-Sb-Cu; Pb-Sb-As-Te; Cu-Ni-V-Cr-Zn. Анализ корреляционных связей между элементами позволил выявить следующие закономерности:

– нахождение W в едином блоке с элементами «мафитовой» группы (V, который, в свою очередь проявляет тесные связи с Cr и Ni) и «гранитоидной» группы (Li, Pb) может свидетельствовать о различных источниках рудного вещества и полигенности объекта;

– отсутствие корреляционных связей Mo с рудогенными элементами доказывает рассеянный характер ранней молибденитовой минерализации в зоне рудоносных метасоматитов;

– различные ассоциативные цепочки с центральным положением в них Sb подтверждают наличие в минерализованных зонах двух типов сульфосолей – сурьмяно-серебряной с медью и сурьмяно-свинцовой с мышьяком и теллуром, являющихся индикаторами заключительных стадий минералообразования;

– различное положение в корреляционных графах W и Au подтверждает их автономность при формировании рудного пространства и возможность выявления обособленных редкометалльных и золотопродуктивных рудных тел.

Полигенность и полихронность объекта определяются совмещением в рудном поле гранитоидов, лампрофиров и щёлочных базальтоидов геохимически и минерально-акцессорно специализированных на вольфрам и являющихся источниками привноса этого металла в рудное пространство в течение длительного времени, начиная с верхнего карбона и заканчивая верхним триасом.

Поздний импульс привноса вольфрама связан с формированием щёлочных базальтоидов (T_{2-3}) и фиксируется в оруденелых дайках алмалысайского комплекса (пермь-триас).

В разных частях Чакылкалянского мегаблока выявлены метасоматически окварцованные, кальцитизированные и калишпатизированные керсантиты и спессартиты с повышенными (0,01-0,19%), а местами и высокими (1,0-1,2%) содержаниями триоксида вольфрама. Пространственное совмещение малой гранитоидной интрузии и дайковых образований верхнепалеозойского и раннемезозойского возраста вероятно обусловлено унаследовательностью путей перемещения магматических расплавов с формированием гранитоидов в периферических камерах на ранних этапах формирования геологического пространства и образованием многофазного дайкового ареала (роя) на поздних этапах.

В контуре ареала также выявлены флюидно-эксплозивные брекчии, образующие линзовидные и изометричные тела (*рис. 2*) и вероятно являющиеся фронтальной частью магматической колонны.

Брекчии представлены угловатыми и изометричными обломками тёмно-серых доломитов, серых и белых мраморов, роговиков и гранодиоритов. Цементом брекчии иногда служат гранодиорит-порфиры.

Образование брекчии, вероятно, связано с мощным газовым выбросом после становления интрузии гранодиоритов, обусловленным попаданием глубинных магм в условия небольших глубин, при которых магма приобретает свойства перегретой и пересыщенной летучими компонентами жидкости.

По данным статьи можно сделать следующие выводы:

Апогранитоидное вольфрамовое оруденение Чакылкалянского мегаблока приурочено к ареалу с пространственной совмещённостью продуктов гранитоидного, лампрофирового и щёлочно-базальтового магматизма.

Установлены два источника рудного вещества, связанные со становлением коллизионных гранитоидов и продуктов внутриплитного магматизма.

Наличие в раннемезозойских дайках ксенолитов верлитов, лерцолитов и пироксенитов, являющихся продуктами мантийного магматизма; повышенные содержания в дайках таких малых элементов как Re и Se; широкая вовлеченность в рудный процесс Mg, Fe и углерода, а также сквозная геохимическая и минерально-акцессорная специализация на вольфрам магматических образований в ряду гранитоиды – лампрофиры – щелочные базальтоиды позволяют предполагать процессы, происходящие в подкоровых условиях, приводящие к прорывам мантийного субстрата и формированию гипоглубинных (транзитных) флюидопотоков, несущих вольфрам и другие рудогенные элементы в верхние этажы литосферы.

Библиографический список:

1. Даутов А. Минералого-геохимические критерии условий формирования и потенциальной рудоносности Кошрабадского и Яхтонского интрузивов (Западный Узбекистан) // Дис. … канд. геол.-минер. наук. – Ташкент.: ИГГ АН РУз, 1974. – 150 с.

2. Ушаков В.И. др. «Крупномасштабное прогнозирование слепого оруденения в районах месторождений Яхтон, Каратюбе и других вольфрамовых объектов за 1974-76 г.г.». – Ташкент, 1976. – 186 с.

3. Жураев М.Н., Якубов Ж.Я., Хамдамов С.Р. Основные геохимические особенности апометатерригенного вольфрамового оруденения (на примере месторождения Сарыкуль в каратюбинском рудном поле) // Разведка и охрана недр. – Москва, 2019. – С. 10-17.

4. Бородин Л.С., Лашин А.В., Пятенко И.К. Петрология и геохимия даек щелочно-ультраосновных пород и кимберлитов. – М.: Наука, 1976. – 254 с.

5. Цой В.Д., Королева И.В. «Минералого-геохимические исследования метасоматитов и руд Жамской перспективной площади по теме № 938 сектора минералогии и геохимии. – Ташкент: ГП «ИМР», 2011 г. – 84 с.

6. Жураев М.Н., Тураев Т.Н. Новые типы вольфрамового оруденения Каратюбе-Чакылкалянского рудного района // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2017. – № 3 (70). – С. 63-67.

7. Жураев М.Н., Тураев Т.Н., Мухаммадиев Б.У. Геохимические особенности апогранитоидного вольфрамового оруденения (на примере нижнего яруса месторождения Яхтон) // Отечественная геология. – Москва, 2018 г. – № 6. – С. 43-50.

УДК 669.292.3 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.008

PESCHANOE KONIDAGI OKSIDLANGAN MA'DANLARNING MINERALOGIK TARKIBI VA O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

Yusupov A.B.,
H.M. Abdullaev nomidagi
Geologiya va geofizika instituti
tayanch doktoranti

Orolov A.K.,
H.M. Abdullaev nomidagi
Geologiya va geofizika instituti
tayanch doktoranti

Sadirov R.M.,
H.M. Abdullaev nomidagi
Geologiya va geofizika instituti
tayanch doktoranti

Ushbu maqolada Markaziy Qizilqumdagi Auminza tog'larida joylashgan Peschanoe koni oltin madanlashuvining oksidlangan turining mineral tarkibi, ularning shakllanish va joylashuv xususiyatlari, oksidlangan ma'danli minerallashuvi tadqiqot maydonining yuza qismida joylashganligi, tarkibida asosan gidrogyotit, limonit, yarozit va kamroq malaxit, skoroditlardan iboratligi keltirilgan.

Tayanch iboralar: *Markaziy Qizilqum, Auminza, Peschanoe, oltin, oksidlangan madanlar, yarozit, gyotit, gidrogyotit, assotsiatsiya.*

В данной статье представлены минералогический состав, особенности формирования и размещения окисленного типа золотого оруденения месторождения Песчаное, расположенное в горах Ауминзатау Центральных Кызылкумов. Окисленные минералы, в основном представлены гидрогетитом, лимонитом, ярозитом и реже малахитом, скородитом, которые встречается на поверхности исследуемой площади.

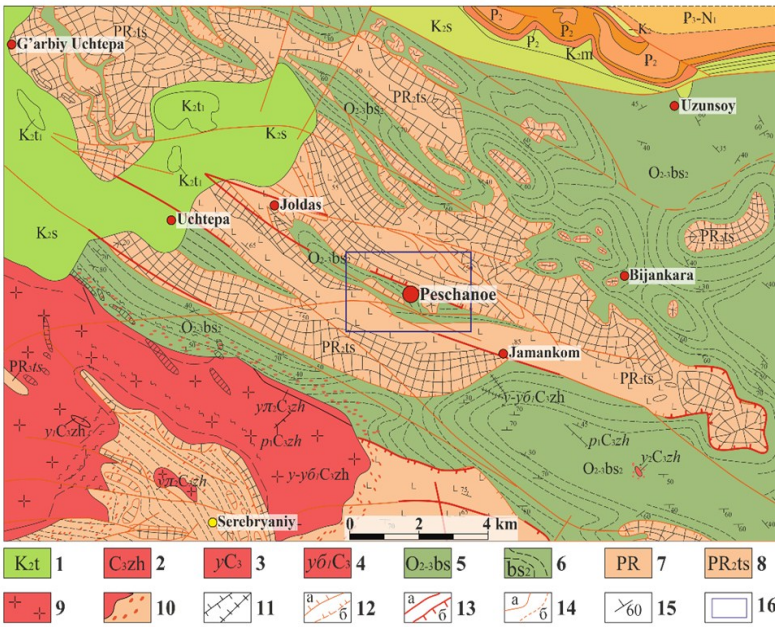
Ключевые слова: *Центральные Кызылкумы, горы Аминзатау, месторождение Песчаное, золото, окисленные руды, ярозит, гётит, гидрогетит, ассоциация.*

Ma'danlar moddiy tarkibini o'rganish foydali qazilmalarni o'zlashtirish borasida muhim ahamiyat kasb etadi, chunki bu kabi tadqiqot natijalari ma'lum konlarning ma'dan xomashyosidan samarali foydalanish, yangi va noan'anaviy turdagi ma'danlarni bashorat qilishda muhim hisoblanadi. SHu nuqtai nazardan Auminza tog'lari Peschanoe koni oltin madanlashuvining oksidlangan turdagi ma'danlarining mineral tarkibi, ularning shakllanish xususiyatlari bo'yicha tadqiqotlar olib borildi [1-3].

Peschanoe konidagi ma'danlar moddiy tarkibini o'rganish uchun an'anaviy mikroskopik («Polam» mikroskop) usullarda va o'ta sezgir yuqori aniqlikga ega, elektron mikroanalizator (Superprobe JXA-8800R Jeol, Yaponiya) yordamida maxsus mikromineralogik tadqiqotlar o'tkazildi.

O'rganilayotgan Auminza tog'lari Markaziy Qizilqumning janubiy-g'arbiy qismida joylashgan bo'lib, geotektonik jihatdan Zarafshon-Turkiston burmalangan sistemasiga tegishli. Tomezozoy fundamenti tarkibi yuqori proterozoy (auminza va tasqazg'an svitalari), quyi-o'rta paleozoy (qo'rg'ontov, rohat, murun, jing'ildi svitalari) – turli tarkibli slanetslar, amfibolitlar, karbonatlar) va qoplamali mezo-kaynozoy (yura, bo'r, paleogen-neogen-terrigen, to'rtlamchi sistema – elyuvial-prolyuvial hosilalar) yotqiziqlaridan tarkib topgan [4, 5].

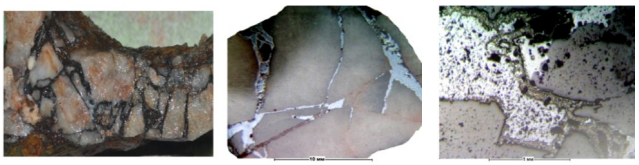
Hududdagi tektonik qurilmalar uchta: mezozoy-kaynozoy cho'kindi dengiz sayozliklari, ko'l-botqoqlik va continental hosilalaridan tarkib topgan – alp; odatda sinklinallar muldalarida va tektonik qatma-qat hosilalarda (cheshuya) saqlanib qolgan quyi va o'rta devon kesmasining qoldiqlari va fragmentlaridan iborat – gersin; ichida tektonitlashgan mikstitli hosilalar saqlanib



1-rasm. Markaziy Aumizatovning sxematik geologik-strukturaviy xaritasi (Tolokonnikov A.V., Mirkamolov R.X., Xan R.S., Omonov X. va b. materiallari bo'yicha muallif tomonidan tayyorlandi): *1 – Yuqori Bo'r. Alevrolit, qumtosh, gillar; 2 – Yuqori Karbon. Auminza intruzivi Zaxquduq kompleksi; 3 – Zaxquduq kompleksi granitlari; 4 – Zaxquduq kompleksi granodioritlari; 5 – Yuqori-o'rta Ordovik. Besopan svitasi; 6 – uglerodli biotit-xloritli, slyuda-kvarsli, slanetslar, metaqumtoshlar va metaalevrolitlar; 7 – Proterozoy yotqiziqlari; 8 – Tasqazg'an svitasi. Ost qismi xlorit-amfibol-xloritli (bazalt bo'yicha) grafitli kvarsitlar, yuqori qismi – dolomitlar kremniylar bilan; 9 – intruziv tog' jinslari; 10 – kontakt metamorfizm zonalari. Rogoviklar; 11 – daykalar; 12 – surilmali strukturalar: aniqlangan (a), taxminiy (b); 13 – yirik yer yoriqlari (a), surilmali yirik yer yoriqlari (b); 14 – tektonik kontaktlar: aniqlangan (a), taxminiy (b); 15 – qatlamlarning yotish elimentlari; 16 – Peschanoe koni maydoni*

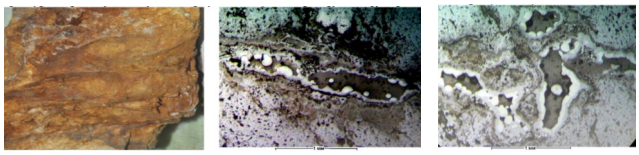
a) k-5 (int. 176 m) *b) k-5 (int. 178 m)* *v) namuna P-55*

2-rasm. Oksidlangan ma'danli zonalarning yer yuzasida joylashuv xususiyatlari (a,b) va ularning limonit, gyotit-gidrogyotit hamda mis oksidlari bilan ifodalanishi (v)



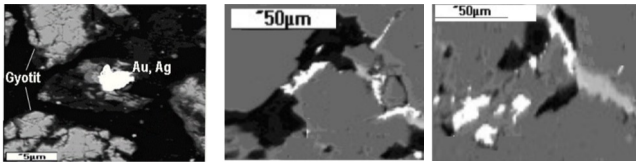
a) namuna P-49 *b)* *v)*

3-rasm. Brekchiyalanish zonasidagi kvarslashgan jinslar, gyotit va gidrogyotitlar bilan sementlashgan



a) namuna P-37 *b) anshlif P-29* *v) anshlif P-29*

4-rasm. Yarozit-gidroslyudali assotsiatsiyaning o'ziga xos ko'rinishi (a); yarozit bo'yicha rivojlangan gidrogyotitning tomirli-oqmasimon hosilalari (b); tuproqsimon massa ko'rinishdagi yarozitning (sarg'ish dog'li) gyotitga o'zgarishi (v)



a) *b)* *v)*

5-rasm. Oksidlangan ma'danlarda oltinning temir gidroksidlari bilan assotsiatsiyasi (PR-123-1)

qolgan ko'p qatlamli sharyaj qurilmalarida – kaledon qavatlaridan iborat [6-9]. Subkenglik bo'ylab joylashgan nisbatan qadimiy (kaledon tektogenezi) darz ketish zonalari Auminza – Beltov antiklinoriy hududini shimol va janubdan chegaralab turadi (Janubiy va SHimoliy Auminza yer yoriqlari); keyingi tektogenez bosqichlarida vujudga kelgan ikkinchi darajali yoriqlar bo'ylab (Kospaqtov zonasi, Janubiy yoriq va b.) turli surilmalar vujudga kelgan.

Auminza tog'lari magmatik hosilalari uchta intruziv komplekslardan tashkil topgan: gabbro-granitli quljuqtov kompleksi (Janubiy Auminza gabbro-diabaz shtoki – S_{1-2}); hududdagi magmatik hosilalarining asosiy qismini tashkil qiluvchi granit-granodioritli zaxquduq kompleksi; leykogranitli shoxetov kompleksi (*1-rasm*) [10, 11].

Oksidlangan turdagi ma'danli minerallashuvi tadqiqot maydonining yuza qismida (oksidlanish chegarasining yuqori qismi) joylashgan bo'lib, kuchli burdalangan va temirlashgan zonalardagi brekchiyalashgan kvars -tomirli hosilalari bilan tavsiflanadi. Yuzadagi kanavalarda u yorqin rangi va yer yoriqlari bo'ylab cho'zilib joylashuvi bilan ajralib turadi (*2 a, b-rasm*). Tarkibida asosan gidrogyotit, limonit, yarozit va kamroq mis oksidlaridan malaxit uchraydi (*2 d-rasm*).

Tog' jinslaridagi oksidlangan ma'dan minerallashuv zonasi notekis tarqalgan limonit massasi bilan ifodalanadi, unda jins hosil qiluvchi minerallar donalarining nurashga uchragan va relikt qoldiqlari mavjud bo'lib ular tog' jinsining 55-60% ni tashkil qiladi. Limonit temir gidrooksidlari aralashmasidan tashkil topgan bo'lib, gyotit (kamroq), gidrogyotit va yarozitlar uning asosiy komponentlari hisoblanadi. Tog' jinsi burdalangan, darzlangan va g'ovakli ko'rinishda.

Temir gidrooksidlari oksidlangan ma'danlarning eng keng tarqalgan ma'danli minerallaridir. Ular oxrasimon ko'rinishda, sulfidlar bo'yicha psevdomorf va kamdan-kam hollarda buyraksimon ko'rinishdagi to'plamlar shaklida uchraydi. Ularning rangi turli xil tusdagi qo'ng'ir. Kvarslashgan jinslardagi kvars ko'pincha gyotit va gidrogyotitlar bilan (oqmasimon ko'rinishda) sementlashgan (*3 a-rasm*). Tarkibi gidrogyotit 7-10%, yarozit 0,1-0,2%, gyotit 0,01-0,05% bo'lib, g'ovakli strukturaga va brekchiyasimon teksturaga ega to'rsimon tomirli ko'rinishda.

Kvars tomirchalari kontakti bo'ylab yupqa hoshiyali yarozit bilan g'ovaksimon gidrogyotitlar jadal rivojlangan. Gyotit-gidrogyotitning g'ovakli-uyasimon massalarida noyob mikrouyumlar ko'rinishida uchraydi (*3 b-rasm*). Tomirli mineral to'plamlarida gidrogyotitning (och kulrang) ichki g'ovakli strukturasi kuzatiladi. Gidrogyotitning chegalari bo'ylab kamroq uyasimon yarozit (och jigarrang) rivojlangan (*3 d-rasm*).

Oksidlanish zonasida birlamchi jins va ma'danlarning parchalanish mahsulotlarining zonal taqsimlanishi kuzatiladi. Pastki qismida to'g'ridan -to'g'ri oksidlanish chegarasining yuqorisida *oltin-yarozit-gidroslyudali* va undan tepada (0-25 *m*) *oltin-gyotit-gidrogyotitli assotsiatsiyalari* shakllangan bo'lib, ular bilan birga sof oltin uchraydi. Oxirgi assotsiatsiyaning ustida, tub tog' jinslari kesimining yuqori qismi va zamonaviy yotqiziqlar kontaktidagi (agar ishtirok etgan bo'lsa) barcha qatlamlar kuchli nurashga uchragan (qalinligi 50-80 *sm*), hamda to'kiluvchan massani tashkil qiladi.

Oltin-yarozit-gidroslyudali assotsiatsiya ma'dan oksidlanish zonasining quyi qismini (yer yuzasidan 20-50 *m* pastda) tashkil etadi va ma'danlarning gipergen o'zgarish jarayonlarining dastlabki bosqichida hosil bo'ladi. Assotsiatsiyaning asosiy tipomorf minerali yarozit bo'lib, u birlamchi jinslarning qoldiqlaridagi limonit va gidroslyudali minerallar bilan birgalikda sementlashgan. Yarozit jigarrangdan, qo'ng'irgacha, yupqa donali bo'shoq massani hosil qilgan (*4-rasm*). U tarmoqlangan zonalar va tomirchalarda uyasimon ko'rinishda, ko'pincha to'plamlar shaklida joylashgan. Ba'zi joylarda burdalangan va temir-lashgan zonalardagi tog' jinslari, yarozitning kollomorf to'plamlari bilan oqma-tomirsimon shakllarda sementlashgan. Yarozitning miqdori tog' jinsi massasining 40-45% gacha bo'lgan qismini tashkil qiladi. Darzliklar bo'ylab joylashgan, sarg'ish-jigarrang xoshiyasimon yarozitning uyasimon to'plamlari gidrogyotit va gyotitga o'zgarib borgan (*4 b-rasm*). Ma'danlashuv tarkibida arsenopiritning oksidlanish mahsuloti bo'lgan skorodit uchraydi. Ba'zan u oktaedr ko'rinish-dagi psevdomorf shakllarni hosil qiladi (arsenopirit bo'yicha). Binokulyar ostida u och yashil-kulrang tusda, bo'shoq, deyarli tuproq-simon massa ko'rinishida (*4 v-rasm*).

Ushbu assotsiatsiyada oltin ingichka (oltin donalari o'lchami 2-4 *mk*) shaklsiz ko'rinishda (*5 a-rasm*). Oltinning sofligi yuqori emas. Yirikroq (6-8 *mkm* dan katta) oltin zarralarining tarkibi quyidagicha (% da): Au – 77,59; Ag – 19,94; Cu – 0,14; Fe – 2,06.

Oltin-gidrogyotit-kaolinit assotsiatsiyasi limonit massasi bilan unda notekis taqsimlangan, tog' jinslari massasining 60-70% ni tashkil etuvchi jins hosil qiluvchi minerallarning korroziyaga uchragan donalari bilan taqdim etilgan. Limonit temir gidrooksidlari aralash-masidan hosil bo'lib, ularning asosiy tarkibiy qismlari gyotit, gidrogyotit (25-30%) va yarozit (5-7% gacha) hisoblanadi. Jins hosil qiluvchi minerallar asosan gil komponentli qoldiq kvarslar bilan ifodalanadi. Assotsi-atsiyaning struktu-rasi kollomorf, kataklastik, teksturasi brekchiyasi-mon, ilgaksimon tomir-chalar ko'ri-nishda. Ushbu assotsiatsiyadan olingan sof oltin yupqa donali (15-20 *mikrongacha*). Oltin-yarozit-gidroslyudali assotsiatsiyadan farqli o'laroq, bu assotsiatsiyada 20-40 *mkm* (*5 b, v-rasm*) o'lchamdagi mikrodonalar ko'proq, 100 *mkm* dan kattalari esa kamroq uchraydi, bu gipergen eritmalar tarkibidagi sof oltinning yig'ma kristallanishi natijasida hosil bo'lganligidan dalolat beradi. Oltinning asllik darajasi keng ko'rsatkichlarda o'zgarib turadi (615 dan 996 gacha).

1-jadval

Peschanoe konining paragenetik assotsiatsiyalari, ularning o'ziga xos minerallari va joylashuv xususiyatlari

Ma'danli minerallarning shakllanish bosqichlari					
regional-metamorfik	gidrotermal			gipergen	
Bosqichlar					
yashil slanetslar (seritsit-xloritli subfatsiya)	kvars-oltin-sulfidli (oltinga mahsuldor)			sulfatli	gidrooksidli
Minerallarning paragenetik assotsiatsiyalari					
plagioklaz kvars seritsit xlorit pirit	pirit-arsenopiritli	kvars-polisulfidli	karbonat-kumush-sulfosolli	oltin-yarozit-gidroslyudali	oltin-gyotit-gidrogyotitli kaolin
	Tipomorf minerallar				
	kvars-2 pirit-1 arsenopirit-1	kvars-3 ankerit dolomit pirit-xalkopirit sfalerit galenit arsenopirit-2	sfalerit galenit argentit sof oltin sof kumush sulfosollar selenidlar	yarozit skorodit gidroslyudalar oltin	gyotit gidrogyotit kaolin oltin
Paragen mineral assotsiatsiyalarning makonda joylashuv xususiyatlari					
maydonli	mahalliy zonalar va tomirchalarda	tomirchalar va kesishmalarda	darzliklardagi tomirchalar va kesishmalarda	ma'dan oksidlanish zonasining quyi qismida	ma'dan oksidlanish zonasining yuqori qismida

Shuningdek, oltinning miqdori oksid-gidrooksidli zonada yuqori bo'lishi, uning nurash zonasining yuqori qismlaridan pastga tamon qayta yotqizilishi bilan bog'liq. Sulfat-gidroslyudali zonadagi (oksidlanish zonasining pastki qismi) oltin miqdori ko'pincha, uning birlamchi ma'danlardagi miqdorini qayd etadi.

Ushbu mineral assotsiatsiyalarning zonal tarqalishi tog' jinslari va ma'danlarning oksidlanish va nurash jarayonining evolyusiyasi bilan bog'liq. Gipergen suvli eritmalarning pastga siljishi natijasida ma'danlardagi sulfidli minerallar parchalanib ajralmalar hosil qiladi. Shunday qilib, eritmalar kislotali xususiyatga ega bo'lib, erigan moddalarning migratsiyasini osonlashtiradi, bu esa oksidlanish zonasining sof oltin bilan boyishiga olib keladi.

Ikkilamchi temir minerallari sulfidlar va boshqa temir tarkibli jins hosil qiluvchi minerallar bilan o'rin almashish orqali hosil bo'ladi. Ular sulfidli minerallar donalari o'rnida ham, burdalangan zonalardagi darzlarda ham joylashgan. So'nggi ma'dan shakllanishi yer yuzasi eritmalarining infiltratsiyasi va nuragan jinslar massasi bo'ylab aylanishi jarayonida hosil bo'ladi. Ushbu eritmalar ma'danli komponentlarni oksidlanishga uchragan minerallardan yuvib chiqadi va yuzadan turli chuqurliklarga o'tib, ma'danli birikmalar, shu jumladan oltinning miqdori yuqori bo'lgan ikkilamchi minerallar to'plamlarini hosil qiladi.

Peschanoe konidagi turli genezisdagi (metamorfik, gidrotermal va gipergan) assotsiatsiyalar va ma'dan hosil bo'lish jarayonlarining mineral paragenezislar sxemasi *1-jadvalda* keltirilgan. Olingan mineralogik tadqiqotlar natijalari ushbu jarayonlarning har biri o'ziga xos minerallar majmuasi, ularning namoyon bo'lish va joylashuv xususiyatlari bilan farq qilishini ko'rsatadi. Ushbu ma'lumotlar qidiruv me'zonlari sifatida qo'llanilishi mumkin.

Xulosa. Auminza tog'lari Peschanoe konidagi oksidlangan ma'danli minerallashuvi tadqiqot maydonining yuza qismida joylashgan bo'lib, u kuchli burdalangan va temirlashgan zonalardagi brekchiyalashgan kvars -tomirli hosilalari bilan tavsiflanadi. Tarkibida asosan gidrogyotit, limonit, yarozit va kamroq malaxit, skorodit uchraydi.

Oksidlangan ma'danlashuv makonda ketma-ket joylashgan oltin-yarozit-gidroslyudali va oltin-gyotit-gidrogyotit assotsiatsiyalardan tashkil topgan. Ushbu assotsiatsiyalarda oltin mayda donali, o'lchami asosan 2-4 dan 15-20 mikrongacha shaklsiz ko'rinishda bo'lib, uning asllik darajalari keng ko'rsatkichlarda o'zgarib turadi (615 - 996).

Bibliografik ro'yxat:

1. Protsenko V.F. Qora slanets qatlamlarining minerageniyasi. –Toshkent.: MRI - 2014. – 304 b.

2. Karabaev M.S. "Auminzatau va Bukantau tog'larining oltin minerallashuvi va oltin-noyob metallar minerallashuvining mineralologik-geokimyoviy xususiyatlari va qidiruv - baholash mezonlari". // Geologiya-mineralogiya fanlari doktori ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya, Tashkent, 2017, 55 b.

3. Bortnikov N.S., Distler V.V., Vikentev I.V., Gamyanin G.N., Grigoreva A.V., Groxovskaya T.L., Slujenikin S.F., Tagirov B.R. Murakkab konlar ma'danlarida qimmatbaho metallarning paydo bo'lish shakllari: o'rganish metodikasi, miqdoriy xarakteristikalari, texnologik ahamiyati. // Rossiyaning mineral qazib olish muammolari: 2011. –1-20 b.

4. Abduazimova Z.M. G'arbiy O'zbekiston dokembriyini o'rganishning dolzarb yo'nalishlari. Stratigrafik sxemani ishlab chiqish tamoyillari. // Geologiya va mineral resurslar. - 2002. № 5. - 3-15 b.

5. Abduazimova Z.M., Raximov A.D., Abdullaeva E.G. O'zbekistonning tog'-konchilik rayonlarining cho'kindi va metamorfik hosilalarini o'rganish bo'yicha ilmiy-uslubiy qo'llanma. T.: GP «MRI», 2016. -416 b.

6. Divaev F.K., Savchuk Y.S., Mirkamolov R.X., Vanesyan G.A. Janubiy Tyan-Shanning gersin intruziv magmatizmining evolyutsiyasi, geodinamik turlari va rayonlashtirish (G'arbiy O'zbekiston misolida) // Xal. ilmiy konf.mat. Tyan-Shan evolyutsiyasining dolzarb muammolari. –T.: Universitet, 1999. –49-52 b.

7. Mirkatalov R.X. Auminza-Beltau tog'larining tektonikasi: Geologiya va mineralogiya fanlari bo'yicha falsafa doktori dissertatsiyasi avtoreferati (PhD). Nauk - M., 1988. -16 b.

8. Omonov X.A. Auminzatau tog'larining geologik tuzilishi va ma'dan tarkibi (Markaziy Qizilqum). Geologiya va mineralogiya fanlari bo'yicha falsafa doktori dissertatsiyasi avtoreferati (PhD). –T., 2018 - 20 b.

9. Ushakov V.N. G'arbiy O'zbekistonda volframning metallogeniyasi.-T.: Fan, 1991. -184 b.

10. Amirov E.M. Auminza tog'lari (Markaziy Qizilqum) intruziv komplekslarining petrologik-geokimeviy xususiyiyatlari // Geologiya va mineralogiya fanlari bo'yicha falsafa doktori dissertatsiyasi avtoreferati (PhD) Toshkent, 2020. – 46 b.

11.Uzbekistonning Petrografiyasi // Hamrabaev I.H. (bosh redaktor), Isamuxamedov I.M., Radjabov F.SH., Golovin E.M., Visnevskiy Y.S. T.: Nauka. - Kn. 1 - 1964. - 445 b.

УДК 552.32:553.43 (575.11)
DOI:10.54073/GV.2023.3.94.009

НОВЫЕ ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О МЕСТОРОЖДЕНИИ САРЫЧЕКУ (АЛМАЛЫКСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)

Каримова Ф.Б.,
заведующий лабораторией
петрологии ИГиГ,
PhD, с.н.с.

Джуманиязов Д.И.,
младший научный сотрудник
ИГиГ

Maqolada Saricheku konining kichik intruziyalarining ma'dan tarkibi o'rganib chiqildi. Bunda tog' jinslari va ma'danlarning petrografik, kimyoviy hamda mineral tarkibi keltirilgan. Ma'dan konsentratlarini tavsiflovchi haqiqiy materiallar keltirilgan. Tog' jinslari va ma'danlar kimyoviy tarkibini o'rganish uchun O'zbekiston Respublikasi tog'-kon sanoati va geologiya vazirligi qoshidagi markaziy laboratoriyasida ICP MS metodlari bo'yicha amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, Saricheku konining chuqur gorizontlaridan qazib olinadigan asosiy elementlaridan tashqari ko'p miqdorda nodir elementlar (selen, tellur, vismut, oltin, kumush, reniy va boshqalar) mavjud ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu olingan natija esa konda kompleks elementlardan foydalanishda amaliy qiziqish uyg'otadi. bundan tashqari noyob er elementlari va uran-toriy minerallarining sezilarli anomaliyalari aniqlangan hamda minerallashuvning Sarycheku koni chuqur gorizontlarida riyolitlar bilan aloqasi borligi keltirib o'tilgan.

Tayanch iboralar: *mis-porfirli konlar, ma'danlarning paydo bo'lishi, chuqur gorizontlar, mineralogik va geokimyoviy tadqiqotlar, petrogen metasomatitlar va nodir metallar, mis, molibden, oltin, kumush, reniy, tellur, selen, vismut, platinoidlar va boshqalar.*

В статье рассматривается рудоносность малых интрузий месторождения Сарычеку. Приводятся петрографический, химический и минеральный составы пород и руд. Даны фактические материалы, характеризующие рудные концентраты. Исследования состава пород и руд выполнены в Центральной лаборатории Госкомгеологии РУз, определение содержаний петрогенных и редких элементов в породах и сульфидах проводили методами ICP MS на спектрометре ICPE-9000. Результаты исследований показали, что в рудах глубоких горизонтов месторождения Сарычеку кроме извлекаемых основных рудообразующих элементов присутствует большое количество элементов-примесей (селен, теллур, висмут, золото, серебро, рений и др.) и они имеют практический интерес при комплексном использовании руд месторождения. Установлено значительное распространение редкоземельных и уран-ториевых минералов, и выявление минерализации их на глубоких горизонтах месторождения Сарычеку указывает на их тесную связь с вмещающими риолитами.

Ключевые слова*: медно-порфировые месторождения, рудопроявление, глубокие горизонты, минералого-геохимические исследования, метасоматиты петрогенные и редкие элементы, медь, молибден, золото, серебро, рений, теллур, селен, висмут, платиноиды и др.*

Медь, один из основных элементов стратегического рудного сырья Узбекистана и образует широкий спектр месторождений различных рудно-формационных и геолого-генетических типов. Почти все медно-порфировые месторождения и рудопроявления меди медно-порфирового типа Узбекистана находятся в Кураминских горах.

Сарычеку является одним из важных медно-порфировых месторождений наряду с Кальмакыром и Дальним. Изучение минералогии и геохимии руд глубоких горизонтов месторождения Сарычеку весьма актуально в связи с отработкой рудника и в связи с повышением комплексности руд.

Месторождение Сарычеку расположено между Мисканским и Саргаламским разломами на правобережье Саук-Булаксая.

В геологическом строении месторождения в результате работ Викторова В.Ф., Королева А.В., Заморина Г.М., Тулегенова Т.Д., Голованова И.М. и др. известны нижнепалеозойские (O-S_1) сланцы, предживетские аляскиты, андезитовые порфириты, риолиты, андезито-дацитовые порфиры, карбонатные породы, сиенодиориты алмалыкского типа (C_{1-2}), так называемые «розовые» и гушсайские гранодиорит-порфиры (C_3-P_1) и самые молодые дайковые образования – граносиенит-порфиры и сиенодиоритовые порфириты (P_2).

К геолого-промышленным типам медно-рудных месторождений Узбекистана относятся полиформационные медные месторождения, представленные в основном крупными месторождениями Алмалыкского горнорудного района.

Исследователи медно-порфировых месторождений отмечают, что происходит смена оруденения от молибденит-халькопирит-магнетитового скарнового к молибденово-медному порфировому, далее к свинцово-цинковому и золоторудному. Образование молибденового оруденения, наложенного на медное было обусловлено проявлением процессов, связанных с внедрением штока гранитов (P_1).

Руды благородных металлов наиболее поздние образования и связанные с внедрением даек внутриплитного этапа магматизма [1]. Они наложены на медно-молибденовые. Этими проявлениями разновременных и гетерогенных рудно-магматических систем в пределах Чаткало-Кураминской горячей точки объясняется Ахунджановым Р. и др. [2] пространственная совмещённость руд меди, редких, благородных металлов и формирования т. н. «Большого Алмалыка».

Месторождение Саричеку в основном является медным месторождением в минерально-сырьевой базе Республики Узбекистан. С учётом имеющихся данных и по результатам минералого-

Таблица 1

Содержание химических элементов в породах месторождения Сарычеку

№ п/п	№ проб	Название породы	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Sn	Sb	Te	W	Re	Au	Pb	Bi
1.	Ср-3	диорит	101,2	85,2	34,1	0,5	194	1,1	1,22	2,63	0,3	7,52	0,01	0,01	20,3	2,14
2.	Ср-4	монцонит	2928,2	151	10	13,5	79,9	1,35	4,01	0,97	0,3	4,01	0,01	0,038	21,7	1,22
3.	Ср-5	диорит	45,7	115	9,07	0,5	10,3	0,59	1,88	2,09	0,3	3,36	0,01	0,01	30,6	1,16
4.	Ср-6	монцонит	2178,7	79,2	12,9	20,3	35,9	2,51	5,64	1,65	0,3	4,69	0,01	3,47	25,4	0,35
5.	Ср-7	гранодиорит	88,9	115	22,1	0,5	8,42	1,01	2,62	2,27	0,3	4,69	0,01	0,05	87,9	10
6.	Ср-8	диорит	19,5	91,1	54,1	8,64	6,23	0,56	1,96	3,03	0,3	3,39	0,01	3,47	25,3	0,41
7.	Ср-10	гранодиорит	31,2	96,8	33,3	0,5	4,58	0,56	1,63	1,2	0,3	3,88	0,01	0,01	98,8	0,61
8.	Ср-11	кварцевый монцонит	14,9	100	35	13,5	4,52	0,56	2,21	1,82	0,3	3	0,01	0,01	21,6	0,67
9.	Ср-12		123,3	81,7	20,1	0,5	9,37	1,12	1,67	0,92	0,3	2,53	0,01	0,01	20,2	0,84
10.	Ср-13	монцонит	13,4	29,9	26,6	0,5	5	0,75	1,29	0,89	1,26	3,36	0,01	0,01	24,4	4,19
11.	Ср-14	кварцевый монцонит	14,3	57,9	29,9	2,3	2,04	0,42	1,8	1,33	0,3	2,44	0,01	0,01	17,9	0,62
12.	Ср-15	диорит	22,4	90,8	57,2	4,28	4,08	0,95	1,22	0,85	0,3	2,88	0,01	0,01	41,6	0,55
13.	Ср-17	монцодиорит	32,5	137	17,3	1,68	25,8	1,18	1,61	2,74	0,3	2,09	0,01	0,01	42,4	1,07
14.	Ср-18	кварцевый монцонит	32,8	75,1	33,4	3,46	7,96	0,64	1,99	1,67	0,3	1,77	0,01	0,01	45,5	0,62
15.	Ср-20	гранодиорит	188,8	122	16,8	0,5	15,3	0,99	2,12	1,04	0,3	2,47	0,01	0,01	149	0,69
16.	Ср-23	гранодиорит	1708,7	131	12	0,5	49,4	2,9	3,21	2,85	0,3	6,11	0,01	0,03	115	0,94
17.	Ср-24	гранодиорит	23,7	51,1	24	0,5	7,7	1,43	2,67	0,706	0,3	3,1	0,01	0,01	38	0,88
18.	Ср-27	гранодиорит	129,7	93,4	23,5	0,5	5,69	0,62	1,09	1,72	0,3	3,01	0,01	0,01	21,8	0,24
19.	Ср-29	диорит	121,8	97,5	25,3	0,5	8,84	1,22	1,62	2,14	0,3	3,49	0,01	0,01	32,4	2,44
20.	Ср-31	монцогаббро	96,1	151	66,1	3,15	5,1	0,67	1,1	1,31	0,3	7,09	0,01	0,01	24,5	0,51
21.	Ср-32	диорит	112,8	89,4	65,1	0,5	7,27	1,08	1,71	3,03	0,3	6,84	0,01	0,01	32,9	0,32
22.	Ср-33	гранодиорит	30,3	70,2	74,8	0,5	4,74	0,30	2,2	2,2	0,3	2,26	0,01	0,01	22,9	0,18
23.	Ср-36	габбро	123,8	226	50,5	0,5	3,66	0,77	0,97	1,84	0,3	5,52	0,01	0,01	23,1	0,56
24.	Ср-37		670,6	331	35,8	0,5	6,49	1,76	2,2	0,62	0,3	4,83	0,01	0,01	92,8	2,83
25.	Ср-38	кварцевый монцонит	17,8	68,5	98,4	0,5	4,2	0,24	1,83	1,93	0,3	6,09	0,01	0,01	29,5	0,26
среднее содержание			355	109	35,49	3,15	20,66	1,01	2,06	1,74	0,34	4,02	0,01	0,29	44,22	1,38
кларк элемента (по Виноградову А.П., 1962 г.)			47	83	1,7	0,05	1,1	0,07	2,50	0,05	0,001	1,3	0,001	0,004	16	0,01
кларк концентрации			7,6	1,3	20,9	63,1	18,8	14,5	0,8	34,8	338	3,1	14,3	67,7	2,8	152,78
геохимический ряд степени накопления			Cu-Zn-As-Se-Mo-Ag-Sn-Sb-Te-W-Re-Au-Pb-Bi													

Таблица 2

Корреляция элементов в породах месторождения Сарычеку

Элемент	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Sn	Sb	Te	W	Re	Au	Pb	Bi
Cu	1,00													
Zn	0,05	1,00												
As	-0,33	-0,05	1,00											
Se	0,22	-0,10	0,03	1,00										
Mo	0,32	0,02	-0,14	0,14	1,00									
Ag	0,74	0,17	-0,15	0,22	0,56	1,00								
Sn	0,82	0,33	-0,24	0,20	0,19	0,67	1,00							
Sb	0,43	-0,18	-0,20	0,09	0,24	0,20	0,35	1,00						
Te	-0,13	-0,16	-0,04	-0,09	-0,04	-0,09	-0,14	-0,09	1,00					
W	0,34	0,27	0,37	0,20	0,30	0,47	0,44	0,12	-0,09	1,00				
Re	0,43	0,64	-0,17	-0,08	0,32	0,44	0,62	-0,03	-0,05	0,33	1,00			
Au	0,01	-0,08	0,00	0,57	-0,04	-0,01	0,07	0,00	-0,05	-0,06	-0,07	1,00		
Pb	0,28	0,76	-0,14	-0,12	0,08	0,25	0,62	-0,04	-0,04	0,34	0,88	-0,07	1,00	
Bi	0,30	-0,10	0,05	0,00	0,07	0,22	0,27	-0,04	0,08	0,36	-0,01	-0,11	0,04	1,00

геохимических исследований руд месторождения Сарычеку, выявляется положение о том, что зависимо от возраста и состава вмещающих пород и возраста оруденения развиты интенсивные процессы серицитизации и окварцевания и калишпатизации гранодиорит-порфиров (C_3-P_1), так называемых «розовых».

Оруденение связано с риолитами, контролируется тектоническими нарушениями различных масштабов, возникшими в определённой последовательности.

На примере Алмалыкского рудного района устанавливается зависимость между ослаблением тектонических процессов и тесно с ними связанными проявлениями рудообразования [3]. Последнее прослеживается как между этапами оруденения, соответствующими образованию месторождений, относящихся к различным рудным формациям, так и в пределах каждого этапа, т. е. от ранних его стадий к поздним. В некоторых случаях это проявляется в виде горизонтальной и вертикальной зональности оруденения. Возникно-

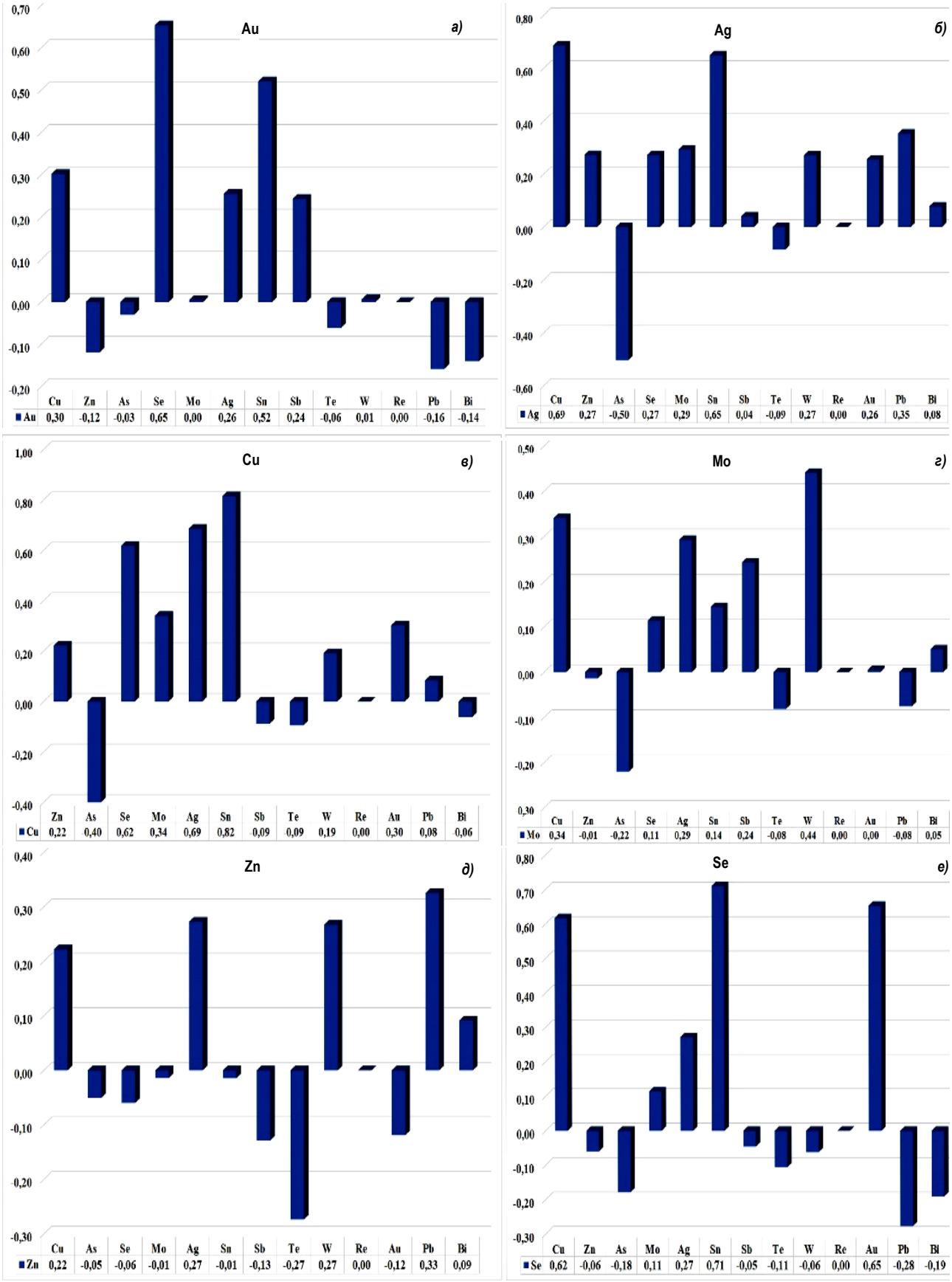


Рис. 1. Гистограмма корреляции рудных элементов месторождения Сарычеку

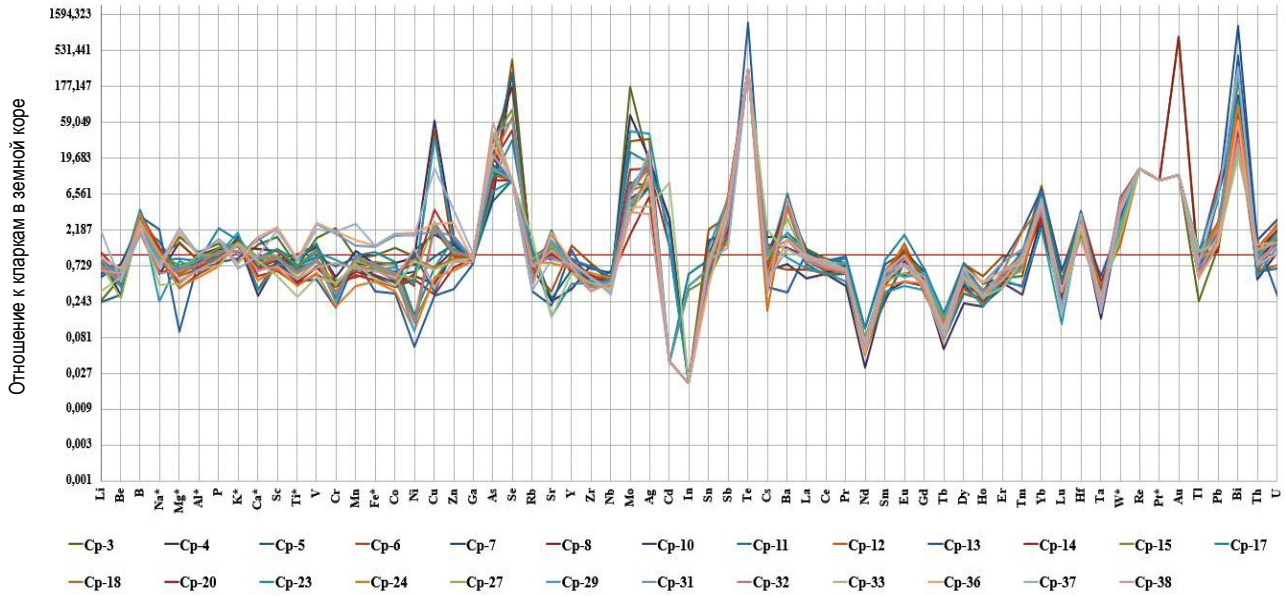


Рис. 2. Диаграмма распределения элементов-примесей в породах месторождения Сарычеку

вение всего комплекса эндогенных минералов, известных на рассматриваемых месторождениях, протекало в 5 стадиях рудообразования: кварц-калишпат-молибденитовая, кварц-пиритовая с халькопиритом, кварц-халькопиритовая с пиритом, кварц-полиметаллическая с халькопиритом и гематитом и кварц-ангидрит-карбонатная.

Наиболее характерной особенностью эндогенного оруденения на месторождении Сарычеку является ангидритизация вмещающих пород и ангидрит распространён в основном в последних полисульфидных стадиях оруденения. На месторождении Сарычеку халькопирит, пирит и молибденит считаются основными рудообразующими, а кварц, серицит, ангидрит и кальцит – основные минералы метасоматитов.

В целом, большая часть меди сегодня добывается из полиформационных месторождений меди, на долю которых приходится более половины мировых запасов меди, а содержание медных элементов составляет не более 1%. Кроме того, привлекательность полиформационных медных месторождений заключается еще и в их комплексности, так как помимо меди в них содержатся молибден, золото, серебро, рений, теллур, селен, висмут, платиноиды и другие элементы.

Интерес представляют также свинец и цинк, для которых характерны высокие значения средних содержаний и коэффициентов корреляции с главными компонентами *(табл. 1, 2*).

По результатам анализа среднее количество минеральных элементов составляет (*г/т*): Cu – 355; Zn – 109; As – 35,49; Se – 3,15; Mo – 20,66; Ag – 1,1; Sn – 2,06; Sb – 1,74; Te – 0,34; W – 4,02; Re – 0,01; Au – 0,29; Pb – 44,22; Bi – 1,38. На *рис. 1* видно, что в образцах отобранных с месторождения Сарычеку рудные элементы взаимосвязано распространены между собой (*рис. 1*).

Для следующих пар мы устанавливаем отношения для отдельных элементов (*%*):

– для золота (*рис. 1а*): медь – 0,30; селен – 0,65; серебро – 0,26; олово – 0,52;

– для серебра (*рис. 1б*): медь – 0,69; мишьяк – 0,50; молибден – 0,29; олово – 0,65; золото – 0,26; свинец – 0,35;

– для меди (*рис. 1в*): серебро – 0,74; олово – 0,82; сурма – 0,43; рений – 0,43;

– для молибдена (*рис. 1г*): медь – 0,34; серебро – 0,29; вольфрам – 0,44;

– для цинка (*рис. 1д*): серебро – 0,27; вольфрам – 0,27; свинец – 0,33;

– для селена (*рис. 1, е*): медь – 0,62; серебро – 0,27; олово – 0,71; золото – 0,65.

Согласно полученным результатам, наряду с золотом и серебром в магматических породах месторождения Сарычеку обнаружены: медь, селен, золото, мышьяк, молибден, свинец, сурьма, рений, вольфрам и цинк. Полученные результаты служат дальнейшему развитию минерально-сырьевой базы данного месторождения.

На *рис. 2* отображается диаграмма распределения элементов-примесей в породах месторождения Сарычеку, которое построено по результатам ISP масс-спектрометрического анализа на 61 элемент [4]. По ним определено, что значения B, Mg, P, Sc, V, Fe, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Te, Ba, Yb, Hf, W, Re, Au, Pb, Bi и U оказались несколько вышекларковыми (*рис. 2*).

Кроме минералого-геохимических исследований по отобранным образцам изучаемого района также были проведены петрографические исследования. По индексу насыщенности глинозёмом al_1 – 1-3, большинство образцов относятся к высокоглинозёмистым и весьма высокоглинозёмистым, и попадают в поле перенасыщенных алюминием магм (*рис. 3*). По индексу фемичности f' – 5-12 породы являются лейкократовыми (f' < 16), лишь образцы 18, 19 попадают в область мезократовых. По индексу железистости (Kf) умеренно железистыми являются несколько образцов – 39-42%, несколько пород обладают повышенной железистостью – 53-58%, наиболее высокая железистость у гранодиорит порфиров – 59-69%.

Коэффициент агпаитности (Ka) варьирует в пределах 0,4-0,7; но не превышает 1, следовательно, все количество натрия и калия заключено в полевых шпатах. То же самое нам показывают параметры, отражающие степень глинозёмистости al_1 – до 0,5 и al_2 – до 1,3, которые указывают на степень насыщения пород алюминием относительно стехиометрии полевых шпатов. В породах al_2 доходит до 1,3, а это значит, что породы отвечают закономерности $al_1 < 1$, а $al_2 > 1$, это указывает на наличие натриевых цветных минералов. Также породы характеризуются средней и повышенной магнезиальностью (M – 0,3-0,6).

Коэффициент окисленности железа φ, рассчитанный для первичных составов изверженных пород, показывает долю магнетита и других минералов, содержащих трехвалентное железо, и отражает величину парциального давления кислорода в магме во время кристаллизации железосодержащих минералов. Этот коэффициент применяется при изучении пород близкого состава и щёлочности

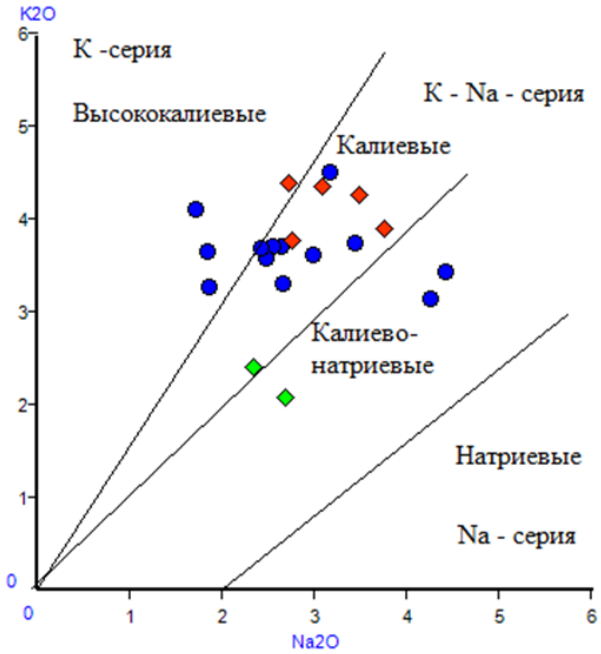


Рис. 3. Положение составов даек на классификационной диаграмме K_2O-Na_2O

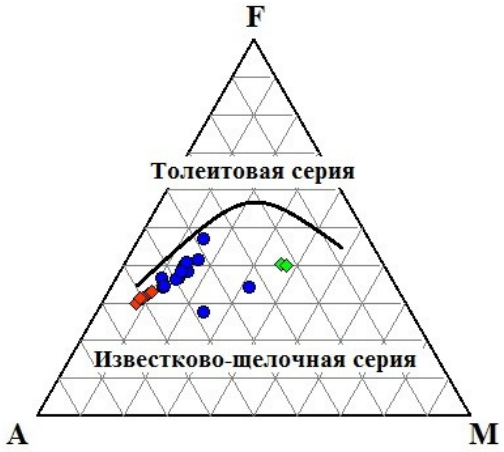


Рис. 4. Диаграмма AFM, Wager, Deer, 1939, – тройная, треугольная петрохимическая диаграмма: *M = MgO; F = FeO + Fe_2O_3, (Shimasu, 1963); A = (Na_2O + K_2O)*

для оценки глубинности становления магм, как качественный показатель насыщенности магм водой и для определения последовательности образований магм в известково-щёлочных сериях.

Коэффициент окисления железа φ = 0,3-0,5 в среднем составляет 0,4, следовательно, цветные минералы представлены в основном биотитом. Для интрузивных пород данный коэффициент может быть использован как дополнительное средство для определения последовательности внедрения интрузивных образований. Таким образом, коэффициент окисления уменьшается от более ранних фаз внедрения к более поздним продуктам интрузивной деятельности, т.е. к породам, образованным из более глубинных магм коэффициент окисления железа φ не зависит от абсолютного количества темноцветных минералов в горных породах, а отражает колебания количеств окиси и закиси железа в их составе.

Для лучшей детализации пород следует рассмотреть ряд петрохимических диаграмм.

Для отнесения пород к известково-щёлочной или толеитовой петрохимической серии нами использованы диаграммы AFM: (Na_2O+K_2O) – FeO общ – MgO (*рис. 4*).

На диаграмме видно, что породы попадают в поле известково-щёлочной серии. Согласно Сотникову В.И. (1986), они обычно находятся в дугах над зонами субдукции, и особенно свойственны континентальной коре [5]. Считается, что породы в этой серии генетически связаны с фракционной кристаллизацией и, по крайней мере, частично происходят из магм базальтового состава, образовавшихся в мантии Земли.

Данные исследования показали, что в рудах глубоких горизонтов месторождения Сарычеку кроме извлекаемых основных рудообразующих элементов – меди и молибдена присутствует большое количество элементов-примесей (селен, теллур, висмут, золото, серебро, рений и др.) и они имеют практический интерес при комплексном использовании руд месторождения.

Для глубоких горизонтов медно-порфирного месторождения Сарычеку выделено значительное распространение редкоземельных и уран-ториевых минералов, и выявлена минерализация их на глубоких горизонтах месторождения Сарычеку.

В основании карьера месторождения Сарычеку развиты субвулканические тела риолитов и лейкогранитов, обогащенных молибденитом – единственным концентратором рения на месторождениях Алмалыкского рудного поля.

По данным исследований на месторождениях Кальмакыр и Ёшлик, авторами были сделаны выводы о том, что было медно-молибденовые месторождения Алмалыкского рудного района являются полихронными и полиформационными [6]. Формирование их связывается с малыми интрузиями диоритов и главным образом монцодиоритов и монцонитов.

Библиографический список:

1. Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Морфологические типы медно-порфировых штокверков и обстановки их формирования // Руды и металлы. – № 4. – Москва, 2018, – С. 37-52.

2. Ахунджанов Р., Каримова Ф.Б., Джуманиязов Д.И. Рудоносные монцонитоиды медно-молибденового месторождения Ёшлик (Дальнее) Алмалыкского района (Республика Узбекистан) // Геология и минеральные ресурсы. – № 3. – Ташкент: ИМР, 2021. – С. 43-48.

3. Голованов И.М., Мусин Р.А. Эндогенные формации меди. «Эндогенные рудные формации Узбекистана». – Ташкент: «ФАН» Уз. ССР, 1966.

4. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – № 7. – Москва: «Недра», 1962.– С. 531-568.

5. Сотников В.И. Медно-молибденовая рудная формация (геолого-генетические и физико-химические особенности, генетическая модель) // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук в форме научного доклада. – Новосибирск, 1986. – 33 с.

6. Каримова Ф.Б., Джуманиязов Д.И. Полиформационность медно-порфировых месторождений Алмалыкского горнорудного района // Вестник Университета геологических наук. – № 2. – Ташкент, 2022. – С. 61-64.

УДК 622.235 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.010

ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАТА МОЛИБДЕНА ИЗ ОТРЕГЕНЕРИРОВАННОГО ИОНИТА УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Хосилов Н.Д.,
ведущий инженер-технолог
технологического отдела
РУ «Зафарабод» ГП «Навоийуран»

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

Курбонов К.Б.,
главный технолог
РУ «Зафарабод»
ГП «Навоийуран»

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

Maqolada regenerasiyalangan uran qatronidan molibden konsentratini ajratib olish bo'yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Molibdenni qatrondan desorbsiya qilish usullari, molibdenni desorbatdan cho'ktirish, cho'kindini qayta kristallanish yo'li bilan tozalash usuli korsatilgan. Tadqiqotlar natijalariga ko'ra, regenerasiyalangan uran qatronidan molibden konsentratini ajratib olishning texnologik sxemasi taklif qilindi.

Tayanch iboralar: *molibden, molibden (III) oksidi, regenerasiyalangan qatron, yuqori asosli qatron, sorbsiya, desorbsiya, molibdenli desorbat, qayta kristallash, boyitilgan maxsulot.*

В статье приведены результаты исследований по получению концентрата молибдена из отрегенерированного ионита уранового производства. Показаны методы десорбции молибдена из ионита, метод осаждения молибдена из десорбатов, очистки осадка методом перекристаллизации. По результатам проведенных исследований предложена принципиальная технологическая схема получения концентрата молибдена из отрегенерированного ионита уранового производства.

Ключевые слова: *молибден, трёхокись молибдена, отрегенерированный ионит, сильноосновной ионит, сорбция, десорбция, молибденовый десорбат, перекристаллизация, концентрат.*

Молибден принадлежит к малораспространённым элементам, среднее содержание его в земной коре по оценкам Виноградова составляет $1{,}1 \cdot 10^{-4}$% (по массе) [1]. Так как концентрация молибдена в рудах незначительна, в переработку вовлекаются руды, содержащие десятые, сотые доли процента молибдена. Для обогащения молибденовых руд применяют флотацию, гравитационное обогащение. В гидрогенно-инфильтрационно осадочных (сингенетических) месторождениях молибден встречается в основном в виде минерала ураномолибдата ($UO_2 \cdot UO_3 \cdot 2MoO_3$) [2]. По геологическим данным среднее содержание молибдена в осадочных породах колеблется от 0,02 до 0,08%. При сернокислотном вскрытии осадочных месторождений методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) совместно с ураном выщелачиваются цветные металлы, в том числе, и тугоплавкий метал молибден. Мониторинг технологических продуктивных растворов ПВ на содержание попутных ценных компонентов показал наличие в них молибдена, концентрация которого достигает значений 10 ÷ 12 *мг/дм*^{3}. Продуктивные растворы СПВ с pH = 2 ÷ 2,5 направляются на сорбцию урана. Для сорбции урана применяются сильноосновные иониты хлоридной солевой формы, с функциональной группой бензилпиридин или бензилтриметиламин. Как известно из литературных данных сильноосновные смолы имеют максимальную ёмкость по молибдену в интервале pH = 4 ÷ 2, в области существования в растворах полимерных анионов типа $Mo_7O_{24}^{6-}$, $Mo_4O_{13}^{6-}$. [3]. Поэтому при сорбции основного металла урана создаются благоприятные условия для совместной сорбции на смолу молибдена. Химический анализ насыщенных смол различных участков ПВ показал значительное насыщение смол молибденом, содержание, которого в насыщенном ионите достигает значений 30 ÷ 50 *мг/г*. Анионы молибдена обладают повышенным сродством к сильноосновным анионитам и образуют прочные соединения со смолой и плохо вымываются при обычной десорбции урана. В результате их накапливания, ёмкость смолы падает или, как говорят, смола отравляется. По нашим наблюдениям при десорбции урана из ионита вымывается до 25% молибдена, а остальная часть остаётся в ионите.

В данной работе приведены результаты исследований по разработке технологической схемы получения концентрата молибдена из отрегенерированного ионита уранового производства.

Исследования по десорбции молибдена из отрегенерированного ионита проводили растворами аммиачной воды и каустической соды в агитационном режиме при перемешивании 300 ÷ 350 *об/мин*, в соотношении смолы к десорбирующему раствору (Ж/Т)

Таблица 1

Извлечение молибдена из смолы в зависимости от концентрации десорбирующего раствора

Реагент	Концентрация реагента, *г/л*	Извлечение Mo в раствор, %
NH_4OH	25	52
	50	74
	75	76
	100	77
NaOH	25	52
	50	79
	75	81
	100	83

Таблица 2

Влияние температуры и времени десорбции на извлечение молибдена

Реагент	Температура, ^0C	Время десорбции, ч	Извлечение Mo в раствор, %
$[NH_4OH]$ - 50 *г/л*	комнатная температура (20÷22^0C)	3	74
	50	3	78
		6	81
	60	3	82
		6	83
[NaOH] - 50 *г/л*	комнатная температура (20÷22^0C)	3	79
	50	3	82
		6	84
	60	3	84
		6	85

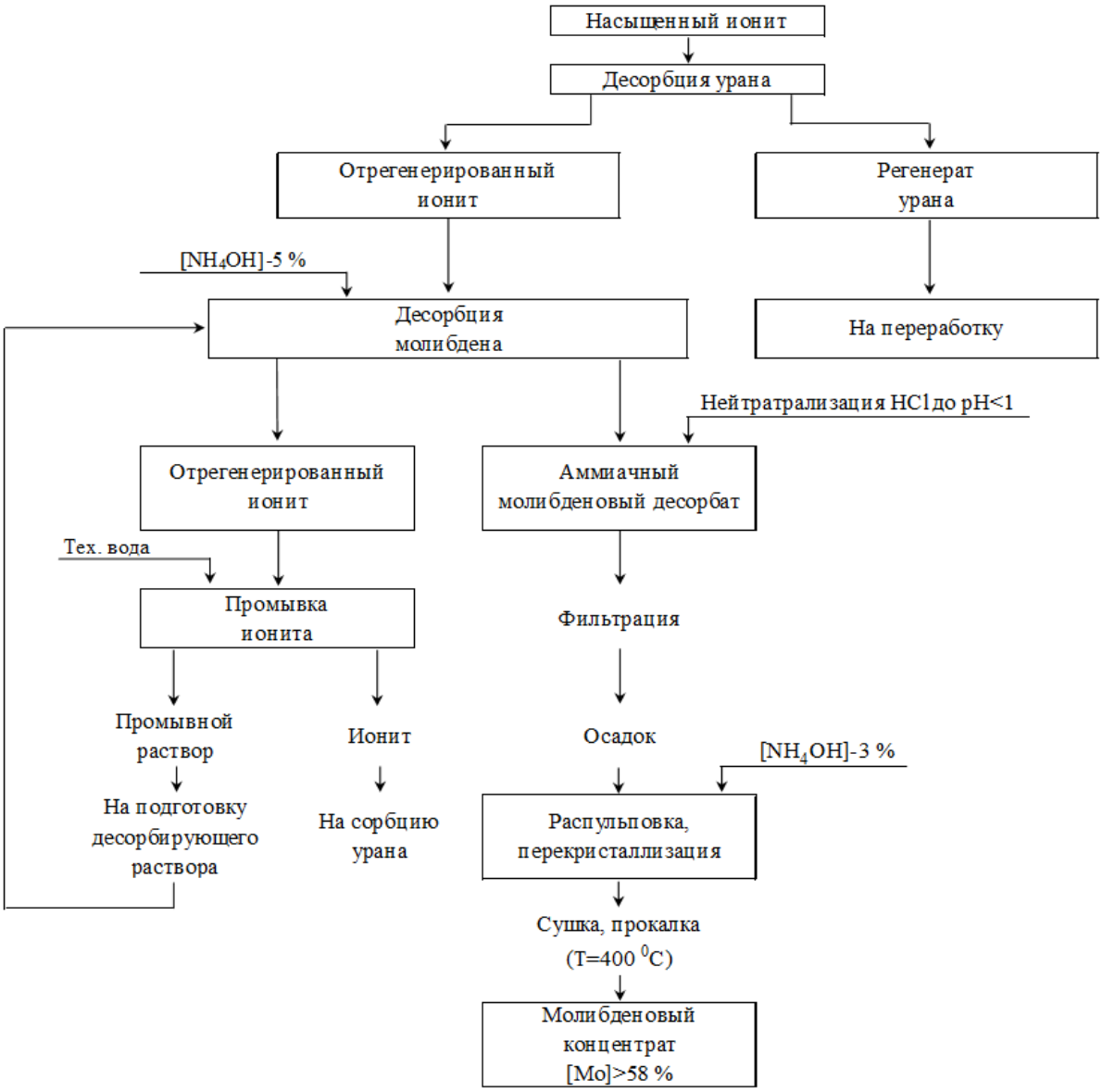


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема получения концентрата молибдена

равном 5, в течение 3 *ч*, комнатной температуре (23 ÷ 25ºС). Результаты по десорбции молибдена из отрегенерированного ионита представлены в *табл. 1.*

Как видно из результатов *табл. 1*, в обоих случаях оптимальной является концентрация десорбирующего раствора 50 *г/л*. Повыщение концентрации десорбирующего раствора с 50 до 100 *г/л* приводит к незначительному повышению извлечения молибдена из ионита. Далее изучали влияние температуры и времени десорбции на извлечение молибдена из ионита. Результаты исследований представлены в *табл. 2.*

Как видно из результатов *табл. 2* повышение температуры десорбции до 60ºС, увеличение времени десорбции до 6 *ч* приводит к некоторому повышению извлечения молибдена из смолы – при десорбции аммиачным раствором с 74 до 83%, при десорбции раствором каустической соды с 79 до 85%.

Химический анализ полученных десорбатов показал низкое содержание примесных металлов (цинк, медь, железо, кальций, никель и кобальт) в аммиачных десорбатах. В десорбатах каустической соды концентрация примесных металлов на порядок выше. Поэтому, с точки зрения селективного извлечения молибдена на наш взгляд предпочтительней аммиачная десорбция ионита. Низкие концентрации примесных металлов в десорбате позволят исключить дополнительные трудоёмкие операции по очистке десорбатов от примесных металлов.

Молибден из аммиачных десорбатов выделяли методом нейтрализации. Аммиачные десорбаты нагревали до температуры 55 ÷ 60ºС и при интенсивном перемешивании добавляли соляную кислоту. При значениях pH < 1 образовались кристаллы полимолибдатов. Таким образом, из растворов в осадок удалось выделить свыше 97,5% молибдена. Выпавшие кристаллы отфильтровали и промыли водой. Химический анализ осадка показал наличие в них незначительного количества посторонних примесей (Zn, Cu, Fe, Ca, Ni и Co). Полученные осадки содержали в повышенных количествах ионы хлора 0,15-0,2%. Для отделения от хлора провели перекристаллизацию осадка. Осадок растворили в 7% аммиачном растворе при температуре 50-60ºС до предела насыщения, т. е. плотности раствора 1,4 *г/см*^{3}. После охлаждения раствора до комнатной температуры из раствора выпадали осадки парамолибдата аммония. Полученные осадки парамолибдата отфильтровали, высушили. Термическое разложение парамолибдатов проводили в муфельной печи при температуре 400ºС. Химический анализ осадка показал содержание в нем молибдена не менее 54%.

Технологическая схема получения концентрата молибдена из отрегенерированного ионита представлена на *рис. 1*.

Проведённые исследования показали возможность получения молибденового концентрата соответствующей марки КМГ-2 с содержанием массовой доли молибдена не менее 54% [4]. На основании проведённых исследований предложена технологическая схема получения молибденового концентрата. Внедрение данной схемы в производство позволит улучшить технико-экономические показатели ПВ за счёт получения дополнительного продукта концентрата молибдена, а также в результате очистки смолы от молибдена ожидается повышение ёмкости смолы по основному металлу, урану.

Таким образом, выделение молибдена из отрегенерированного ионита уранового производства и получение его в виде товарного продукта представляет практический интерес, т. к. молибден является ценным компонентом, потребность в котором постоянно растет.

Библиографический список:

1. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – Москва, 1962. – № 7. – С. 555-571.

2. Зеликман А.Н. Молибден. – Москва: Металлургия, 1970. – 10 с.

3. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Металлургия редких металлов. – Москва: Металлургия, 1973. – 141 с.

4. ГОСТ 212-76. Концентрат молибденовый. Технические условия. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. – С. 1-7.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 3 (94) pp. 39-41

PRODUCTION OF MOLYBDENUM CONCENTRATE FROM REGENERATED ION EXCHANGE RESIN OF URANIUM PRODUCTION

[1]***Khosilov N.D.,*** *Leading Process Engineer of the Technological Department.*
[2]***Ruziev B.T.,*** *Head of the Geotechnological Laboratory.*
[2]***Kurbonov K.B.,*** *Chief Technologist.*
[2]***Nurmukhamadova N.E.,*** *Process Engineer.*

[1]***Mine Administration «Zafarobod», State Enterprise «Navoiuran». Uzbekistan.***
[2]***Central Research Laboratory of JSC «NMMC». Navoi, Uzbekistan.***

The article presents the results of research on production of molybdenum concentrate from regenerated ion exchange resin of uranium production. Methods of molybdenum desorption from ion exchange resin, method of molybdenum precipitation from desorbates, precipitate purification by recrystallisation are presented. Based on the results of the conducted research, a principal technological scheme for obtaining molybdenum concentrate from regenerated ion exchange resin of uranium production is proposed.

Keywords: *molybdenum, molybdenum trioxide, regenerated ion exchange resin, strongly basic ion exchange resin, sorption, desorption, molybdenum desorbate, recrystallisation, concentrate.*

Bibliographic list:

1. Vinogradov A.P. Average contents of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust // Geochemistry. – Moscow, 1962. – No. 7, pp. 555-571.

2. Zelikman A.N. Molybdenum. – Moscow: Metallurgiya, 1970. – 10 p.

3. Zelikman A.N., Meyerson G.A. Metallurgy of rare metals. – Moscow: Metallurgiya, 1973. – 141 p.

4. GOST 212-76. molybdenum concentrate. Specifications. – Moscow: IPK Publishing House of Standards, 1997, pp. 1-7.

УДК 622.235 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ БАЛАНСОВЫХ И ЗАБАЛАНСОВЫХ СОРТОВ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАЛЬМАКЫР» МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРУПНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Якубов М.М.,
профессор кафедры
«Металлургия»
АФ НИТУ МИСИС, д.т.н.

Джумаева Х.Ю.,
базовый докторант
АФ НИТУ МИСИС

Нурмухаммедов И.С.,
начальник
ЛКПРПИ ГУ «ИМР»

Хамидуллаев Б.Н.,
начальник
Центра ГТКПМС ГУ «ИМР»

Maqolada «Kalmakir» konini rudalarining balans va balansdan tashqari navlarini flotatsiya usuli bilan boyitish, maydalash hajmiga va ularning flotatsiya ko'rsatkichlariga ta'siriga qarab o'rganish ko'rsatilgan. Maydalash hajmi 60, 65, 70, 75 va 80% -0,074 mm kl., asosiy reagent rejimida. Umuman olganda, tajribalar natijasida 92,59% mis va 57,28% molibden miqdordagi konsentratlar olingan.

Tayanch iboralar: *xom ashyo, oltin, mis, molibden, ruda, flotatsiya, qazib olish, maydalash, konsentrat, reagent, boyitish.*

В статье показаны исследования обогатимости балансовых и забалансовых сортов руд месторождения «Кальмакыр» методом флотации, в зависимости от крупности измельчения и их влияние на показатели флотации. Крупность измельчения 60, 65, 70, 75 и 80% кл. -0,074 мм при базовом (регламентном) реагентном режиме. В целом по опытам были получены концентраты с извлечением 92,59% меди и 57,28% молибдена.

Ключевые слова: *сырье, золото, медь, молибден, руда, флотация, извлечение, измельчение, концентрат, реагент, обогащение.*

Одна из важнейших задач при переработке минерального сырья, это возможность правильного определения параметров, которые могут влиять на процессы обогащения в зависимости от особенностей руд, распределения минералов и содержания в них полезных компонентов. Необходимо отметить, что для получения качественных концентратов не менее важным является крупность измельчения руд.

Для улучшения качественного извлечения металлов в концентрат помимо достижения необходимой размерности можно подробно рассмотреть и другие подходы. Так в работе на пробе лежалых сульфидных медно-никелевых забалансовых руд и хвостов проведена оценка влияния крупности измельчения на показатели флотации. Оценку эффективности флотации проводили при различных значениях pH (в щелочной и кислой средах) на хвостах, измельченных до крупности 90% кл. -0,045 *мм*. Извлечение никеля и меди в общий пенный продукт в этом случае составило соответственно на 2,5 и 2,7% выше, чем в кислой среде. Также отмечается более низкое содержание металлов в хвостах флотации [1-4].

Авторами работ [5-6] представлены результаты флотационного обогащения двух проб медно-порфировых руд, отобранных на различных участках месторождений, с целью уточнения технологических показателей их переработки. Флотационные опыты проводили по схеме, включающей: измельчение руды до крупности 70% класса -0,071 *мм*; основную и контрольную флотации; доизмельчение чернового концентрата до крупности 92% класса -0,071 *мм*; две-три перечистки доизмельчённого концентрата; дофлотацию хвостов первой перечистки. В качестве реагентов-собирателей использовали Aerophine 3418A и бутиловый ксантогенат, депрессор породы минералов – жидкое стекло. Флотацию и перечистку проводили в высокощелочной среде (pH>10), создаваемой известью. Наиболее эффективным собирателем медных минералов для руды пробы 1 оказался реагент Aerophine 3418A, пробы 2 – бутиловый ксантогенат. Из пробы 1 получен концентрат с массовой долей меди 21,1% при извлечении 87,2%, из пробы 2 с применением бутилового ксантогената концентрат с массовой долей меди 21,5% при извлечении 84,9%. Из смеси проб в соотношении по массе 1:1 с применением реагента Aerophine 3418A получен медный концентрат с массовой долей меди 20,6% при извлечении 85,9%.

В работе [7] установлены закономерности изменения фракционного состава рудных и породных минералов при варьировании продолжительности измельчения руд, массы и размерного состава измельчающей среды. Анализ полученных результатов исследований распределения меди по классам крупности при обогащении, смешанных медно-молибденовых руд при варьировании крупности измельчения показывает, что с увеличением степени измельчения руды относительная массовая доля меди в классе -10 *мкм* растёт, а в классе +160 *мкм* равномерно снижается. Зависимость выхода массовой доли меди в продуктивный класс +10 -160 *мкм* характеризуется наличием максимума функции при крупности измельчения, характеризующейся содержанием 73% класса -74 *мкм* в измельчённой руде распределения меди в этом классе.

В работе [8] раскрывается эффективность использования компьютерных технологий и химических программ, определено, что современные системы оптической оценки параметров руды создают основы для эффективного автоматизированного управления процессом обогащения руды. Эти процессы основаны на принципе расширенного оперативного измерения крупности руды и минерально-элементного состава руды. Авторами описан алгоритм

автоматизированного управления процессом дробления, который позволяет регулировать производительность и настройку дробилки в зависимости от выхода готовых фракций руды по крупности, циркуляционной нагрузки, энергозатрат и эффективности грохочения. Алгоритм управления процессами измельчения и флотации предполагает последовательное применение оптического метода оценки содержания поступающей руды и экономически обоснованную оптимизацию технологических процессов с использованием базы данных содержания руды. Внедрение систем оперативного контроля качества руды на обогатительной фабрике «Эрдэнэт» (Монголия) способствовало снижению потерь ценных компонентов [9].

Приведены результаты изучения процесса измельчения минерального сырья и промежуточных продуктов его переработки в бисерных мельницах ультратонкого помола, мельницах тонкого помола Vertimill, гидроударно-кавитационных аппаратах (роторно-пульсационного типа). С помощью тонкого и ультратонкого измельчения достигается требуемая полнота раскрытия сростков сульфидных минералов друг с другом и вмещающими породами по сравнению с традиционным шаровым измельчением, а гидроударно-кавитационное измельчение повышает селективность вскрытия сростков при равенстве гранулометрического состава продуктов измельчения роторно-пульсационных аппаратов и шаровых мельниц. Показано, что использование грохотов тонкого гидравлического вибрационного грохочения в циклах рудоподготовки по сравнению с гидроциклонами позволяет снизить циркуляцию тонких классов крупности с надрешётным продуктом и потенциальное переизмельчение рудных минералов, а также позволяет повысить массовую долю классов крупности, оптимальных для последующего флотационного обогащения [10]. В работе авторов разработан реагентный режим флотации, который испытан на пробе вкрапленной медно-никелевой руды, подвергнутой предварительной обработке высоковольтными наносекундными импульсами [11-12].

Представлены результаты экспериментальных исследований по определению оптимального сочетания таких интенсифицирующих факторов, как импульсные энергетические воздействия (высоковольтные наносекундные импульсы, МЭМИ) и флотационные реагенты, обеспечивающие повышение извлечения металлов из вкрапленных медно-никелевых руд. В качестве собирателей испытывали сочетание неионогенных собирателей класса тионокарбаматов, которые известны как эффективные собиратели медных минералов, селективные по отношению к сульфидам железа, в частности, пирита и пирротина. Однако, установлено, что при использовании сочетания тионокарбамата с ксантогенатом в определённом порядке и пропорции, на 5-15% возрастает выход, как минерала меди – халькопирита, так и сульфидов железа – пирита, пирротина.

Таким образом, одной из задач эффективного флотационного обогащения руд является не только достижение степени измельчения руд до заданной крупности, но и разработка реагентного режима, ультратонкое измельчение, подбор щёлочной среды, автоматизированное управление с целью улучшения технологических процессов обогащения.

В ходе проведения литературного анализа исследований флотационного обогащения на основе предлагаемого способа обогащения выявлены возможности увеличения степени обогащения различных руд в зависимости от их типа. Целью работы является исследование обогатимости балансовых и забалансовых сортов руд в зависимости от их крупности для получения ценного концентрата.

Объектами исследований были приняты балансовые и забалансовые сорта руд месторождения «Кальмакыр», для обогащения которых применялся метод флотации. По результатам химического анализа среднее содержание золота в пробе составило 0,26 *г/т*, серебра 1,25 *г/т*, меди 0,25% и молибдена 0,0034%.

По минеральному составу предоставленная проба сульфидная, т. е. представлена в основном сульфидными минералами. В составе руд преобладает пирит, в подчиненном количестве отмечаются халькопирит, магнетит. В частых или единичных зёрнах установлены гематит, молибденит, сфалерит, галенит, блеклая руда, марказит, ильменит, рутил, борнит, халькозин, ковеллин, куприт, гидрооксиды железа. Вторичные минералы меди и железа отмечаются в единичных аншлифах в незначительном количестве.

Исследовано 5 партий образцов проб при крупности измельчения 60, 65, 70, 75 и 80% кл. -0,074 *мм* при базовом (регламентном) реагентном режиме. Лабораторные испытания проводились по технологической схеме, приведенной на *рис. 1*.

Опыты с 60 по 75%, кл. -0,074 *мм* проведены с фракционным съемом концентрата (каждые 2 *мин*) с выполнением гранулометрического анализа хвостов. Опыт на крупности 80% кл. -0,074 *мм* проведён в качестве базового опыта при флотационных лабораторных исследованиях (опыт 67). Результаты приведены в *табл. 1*.

Анализ результатов показал, что в концентратах 6-7 в опытах при крупности 60 и 65% кл. -0,074 *мм* и 5-7 в опытах при крупности 70 и 75% кл. -0,074 *мм* содержание меди ниже исходного содержания в пробах (флотация пустой породы), что указывает на избыточность времени флотации на 4 и 6 *мин* соответственно. Дополнительное извлечение меди, обеспеченное за счёт этих концентратов, не превышает 1,58-2,68% при снижении содержания меди в суммарном концентрате в 1,24-1,33 раза. В целом, по опытам отмечается

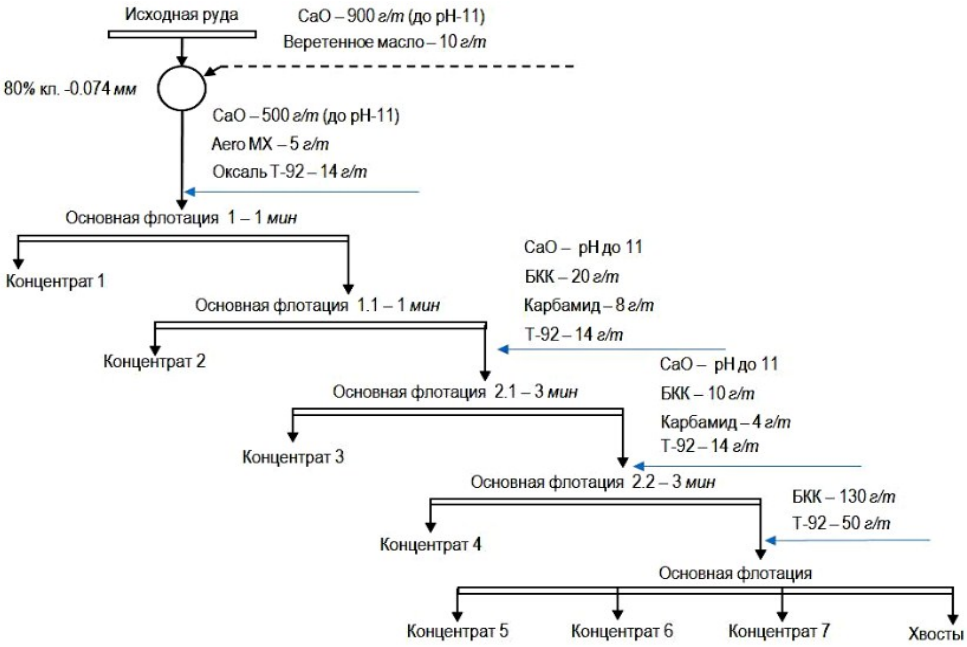


Рис. 1. Схема проведения флотационного обогащения балансовых и забалансовых сортов руд месторождения «Кальмакыр»

тренд на увеличение извлечения меди при снижении крупности питания с 91,02 до 92,45%. Наиболее значимое влияние снижение крупности оказывает на извлечение молибдена с 45,14 до 56,75%.

Извлечение золота имеет скачкообразный характер и колеблется в широком диапазоне от 24,95 до 62,11%, это может быть связано с малой массой полученных продуктов, недостаточной для пробирного метода анализа, а атомно-адсорбционный способ в совокупности с пробоподготовкой даёт большую ошибку при определении.

Анализ грансостава хвостов флотации показал, что при крупности измельчения 60% кл. -74 *мкм* значимая часть меди и золота теряется с классом крупности более 74 *мкм* – 53,97 и 62,42% (от операции) соответственно, а при снижении крупности измельчения до 80% кл. -74 *мкм* потери меди и золота с классом крупности более

Таблица 1

Результаты флотационных испытаний при разной крупности питания

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Cu	Au, *г/т*	Mo	Cu	Au	Mo
Крупность 60% 74 *мкм*							
Концентрат 1	0,8	20,48	11,21	0,125	60,09	27,61	25,60
Концентрат 2	2,7	1,96	0,97	0,014	19,39	8,10	9,68
Концентрат 3	1,6	0,90	1,07	0,010	5,27	5,29	4,10
Концентрат 4	1,3	0,54	1,04	0,007	2,56	4,17	2,33
Концентрат 5	1,1	0,35	0,61	0,004	1,40	2,08	1,13
Концентрат 6	1,1	0,23	0,44	0,004	0,91	1,49	0,99
Концентрат 7	0,9	0,20	0,44	0,003	0,65	1,22	0,69
∑Концентрат 1-5	7,5	3,23	2,05	0,022	88,70	47,25	42,83
∑Концентрат 1-7	9,5	2,59	1,71	0,018	90,26	49,96	44,51
Хвосты	90,3	0,03	0,18	0,002	9,74	50,04	55,49
Исх. проба	99,8	0,27	0,33	0,004	100,00	100,00	100,00
+0,1	33,2	0,04	0,27	0,003	4,50	27,82	21,42
-0,1+0,074	8,2	0,03	0,13	0,002	0,75	3,41	4,23
-0,074+0,044	13,2	0,03	0,13	0,002	1,21	5,20	6,81
-0,044+0	35,7	0,03	0,12	0,003	3,27	13,61	23,03
Исх. хвосты	90,3	0,03	0,18	0,002	9,74	50,04	55,49
Крупность 65% 74 *мкм*							
Концентрат 1	1,1	13,64	6,68	0,080	56,58	27,86	26,58
Концентрат 2	2,8	2,33	1,82	0,012	24,64	19,35	10,15
Концентрат 3	1,5	0,86	0,86	0,007	4,85	4,90	3,17
Концентрат 4	1,8	0,35	0,71	0,004	2,40	4,85	2,17
Концентрат 5	1	0,28	0,67	0,004	1,05	2,54	1,21
Концентрат 6	1,3	0,19	0,39	0,004	0,93	1,92	1,57
Концентрат 7	0,9	0,19	0,34	0,004	0,63	1,17	0,95
∑Концентрат 1-5	8,2	2,90	1,91	0,017	89,52	59,50	43,29
∑Концентрат 1-7	10,4	2,32	1,59	0,015	91,08	62,59	45,81
Хвосты	89,7	0,03	0,11	0,002	8,92	37,41	54,19
Исх. проба	100,1	0,26	0,26	0,003	100,00	100,00	100,00
+0,1	29,1	0,03	0,13	0,002	3,73	13,72	17,68
-0,1+0,074	5,8	0,03	0,11	0,002	0,61	2,43	3,17
-0,074+0,044	15,6	0,03	0,11	0,002	1,47	6,42	9,48
-0,044+0	39,3	0,02	0,10	0,002	3,11	14,85	23,87
Исх. хвосты	89,8	0,03	0,11	0,002	8,92	37,41	54,19
Крупность 70% 74 *мкм*							
Концентрат 1	0,9	20,30	7,34	0,115	66,76	11,99	31,00
Концентрат 2	2,6	1,94	1,57	0,013	18,41	7,43	10,12
Концентрат 3	1,2	0,60	0,82	0,006	2,62	1,79	2,16
Концентрат 4	1,8	0,29	0,56	0,004	1,90	1,84	2,16
Концентрат 5	1,1	0,20	0,37	0,004	0,79	0,74	1,32
Концентрат 6	1,6	0,13	0,28	0,003	0,73	0,83	1,20
Концентрат 7	1,1	0,14	0,21	0,003	0,54	0,42	0,99
∑Концентрат 1-5	7,6	3,26	1,72	0,021	90,48	23,79	46,76
∑Концентрат 1-7	10,3	2,44	1,34	0,016	91,76	25,04	48,95
Хвосты	89,7	0,03	0,46	0,002	8,24	74,96	51,05
Исх. проба	100	0,27	0,55	0,003	100,00	100,00	100,00
+0,1	28,6	0,04	0,67	0,002	3,66	34,34	16,66
-0,1+0,074	4,7	0,03	0,67	0,002	0,46	5,63	2,46
-0,074+0,044	15,8	0,02	0,62	0,002	1,15	17,60	8,28
-0,044+0	40,6	0,02	0,24	0,002	2,97	17,39	23,65
Исх. хвосты	89,7	0,03	0,46	0,002	8,24	74,96	51,05

Продолжение табл. 1

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Cu	Au, г/т	Mo	Cu	Au	Mo
Крупность 75% 74 *мкм*							
Концентрат 1	1,1	15,84	5,63	0,080	64,17	26,06	26,30
Концентрат 2	2,7	1,91	1,40	0,017	18,95	15,87	13,72
Концентрат 3	1,5	0,77	0,85	0,010	4,23	5,35	4,26
Концентрат 4	1,9	0,27	0,40	0,004	1,85	3,22	2,27
Концентрат 5	1,2	0,21	0,31	0,004	0,93	1,58	1,26
Концентрат 6	1,6	0,16	0,26	0,002	0,96	1,72	0,96
Концентрат 7	1,1	0,20	0,30	0,003	0,79	1,37	0,82
∑Концентрат 1-5	8,4	2,91	1,47	0,019	90,13	52,07	47,80
∑Концентрат 1-7	11,1	2,25	1,18	0,015	91,89	55,17	49,58
Хвосты	88,8	0,02	0,12	0,002	8,11	44,83	50,42
Исх. проба	99,9	0,27	0,24	0,003	100,00	100,00	100,00
+0,1	24,9	0,03	0,13	0,002	3,12	13,34	14,95
-0,1+0,074	5,1	0,03	0,14	0,002	0,54	2,99	2,76
-0,074+0,044	16,8	0,02	0,13	0,002	1,36	9,65	10,08
-0,044+0	41,9	0,02	0,11	0,002	3,09	18,85	22,64
Исх. хвосты	88,7	0,02	0,12	0,002	8,11	44,83	50,42
Крупность 80% 74 *мкм*							
Концентрат 1	1,2	16,12	8,46	0,115	69,95	29,47	36,39
Концентрат 2	7,2	0,87	1,07	0,011	22,64	22,39	20,88
∑Концентрат 1-2	8,40	3,05	2,13	0,026	92,59	51,86	57,28
Хвосты	91,7	0,02	0,18	0,002	7,41	48,14	42,72
-0,1+0,074	27,3	0,03	0,18	0,002	2,67	14,58	14,40
-0,074+0,044	21,9	0,02	0,19	0,002	1,82	12,21	10,40
-0,044+0	42,5	0,02	0,17	0,002	2,92	21,35	17,93
Исх. проба	100,1	0,28	0,34	0,004	100,00	100,00	100,00

74 *мкм* сокращаются до 35,99 и 30,30% (от операции) соответственно. Вероятнее всего данные потери обусловлены бедными сростками халькопирита и ассоциированного с ним золота с породными минералами, таким образом более тонкий помол питания флотации может способствовать повышению извлечения ценных компонентов.

В ходе проведённого исследования по обогатимости балансовых и забалансовых руд месторождения «Кальмакыр» были получены концентраты с извлечением 92,59% меди и 57,28% молибдена. Предлагаемую схему обогащения руд можно применять для улучшения их обогатимости, что особенно актуально для забалансовых руд.

Библиографический список:

1. Черноусенко Е.В., Митрофанова Г.В., Вишнякова И.Н., Каменева Ю.С. Флотационные и магнитные методы для выделения цветных металлов из бедного техногенного сырья // Цветные металлы. – № 2. – Москва: Руда и Металлы, 2019. – С.11-15.

2. Аксенов Е.М., Садыков Р.К., Алискеров В.А., Киперман Ю.А., Комаров М.А. Техногенные месторождения — проблемы и перспективы вовлечения в хозяйственный оборот // Разведка и охрана недр. – № 2. – Москва: Недра, 2010. – С. 17-20.

3. Евдокимов С.И., Евдокимов В.С. Переработка руд и техногенного Cu–Ni-сырья с применением технологии струйной паровоздушной флотации // Цветная металлургия. – Москва: Руда и Металлы, 2015. – С. 3-8.

4. Семушкина Л.В., Турысбеков Д.К., Рулев Н.Н., Нарбекова С.М. Флотация хвостов обогащения свинцово-цинковых руд комбинированным собирателем с использованием микроэмульгирования // Обогащение руд. – № 2. – Москва: Руда и Металлы, 2017. – С. 26-31.

5. Асончик К.М., Аксенова Г.Я., Максимов И.И., Тасина Т.И. Исследование различных режимов флотации медно-порфировой руды // Цветные металлы. – № 4. – Москва: Руда и Металлы, 2017. – С. 70-72.

6. Юшина Т.И., Пурэв Баянмунх, Д' Элия Янес Калим Себастьян. Совершенствование реагентного режима флотации медно-порфировых руд месторождения Эрдэнэтийин-Оввоо. Материалы международной конференции «Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья». Плаксинские чтения. – Москва: СКГМИ (ГТУ), 2021. – С. 304-305.

7. Morozov V.V, Delgerbat Lodoy, ChurelchuluunIshgen, Erdenezul Jargalsaikhan Application of optical analysis of ore for automated controlof the ore beneficiation. Mining Sci. Technol. – No. 5. – Moskva: MISiS, 2021, pp. 124-129.

8. Solozhenkin P.M. Flotation of gold minerals by promising collectors according to molecular modeling data. Gornyl zhurnal. – Moskva: Ruda i Metalli. – No.11. 2017, pp. 94-96.

9. Морозов В.В., Эрдэнэзуул Жаргалсайхан, Пестряк И.В. Повышение эффективности флотации медно-молибденовых руд с использованием измерения поглотительной способности пульпы. Горные науки и технологии. – № 5 (3). – Москва: МИСиС, 2020 г. – С. 188-200.

10. Мамонов С.В., Закирничный В.Н., Метелев А.А., Дресвянкина Т.П., Волкова С.В., Кузнецов В.А., Зиятдинов С.В. Перспективные технологии раскрытия минерального сырья при подготовке к флотационному обогащению. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – № 5. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2019. – С. 158-169.

11. Хабарова И.А., Гетман В.В., Бунин И.Ж. Повышение эффективности обогащения вкрапленных медно-никелевых руд на основе применения сочетаний флотационных реагентов и импульсных энергетических воздействий материалы XXV Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург, 07-10 апреля 2020 г. – С.78-83.

12. Игнаткина В.А., Аксенова Д.Д., Каюмов А.А., Ергешева Н.Д. Пероксид водорода в реагентных режимах флотации колчеданных медных руд. Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. – № 1. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2022. – С. 139-144.

УДК 622.235 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.012

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА, ИЗМЕЛЬЧАЕМОСТИ И ФЛОТАЦИИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ «КАЛЬМАКЫР» И «ЁШЛИК-1»

Якубов М.М.,
профессор кафедры
«Металлургия»
АФ НИТУ МИСИС, д.т.н.

Джумаева Х.Ю.,
базовый докторант
АФ НИТУ МИСИС

Нурмухаммедов И.С.,
начальник
ЛКПРПИ ГУ «ИМР»

Хамидуллаев Б.Н.,
начальник
Центра ГТКПМС ГУ «ИМР»

Maqolada «Kalmakir» va «Yoshlik-1» konlari rudalarining moddiy tarkibi va maydalanishi, uning maydalanish hajmiga va ularning flotatsiya ko'rsatkichlariga ta'siriga qarab flotatsiya usuli bilan rudalarning balans va balansdan tashqari navlarini boyitish bo'yicha tadqiqotlar ko'rsatilgan. -0.074+0 mm sinf chiqishi va tegirmonning o'ziga xos unumdorligi rudani maydalash vaqtiga bog'liqligi kabi silliqlash texnologik parametrlari ko'rsatilgan.

Tayanch iboralar: *xom ashyo, oltin, mis, molibden, ruda, flotatsiya, qazib olish, don, maydalash, konsentrat, reagent, boyitish.*

В статье показаны исследования вещественного состава и измельчаемости руд месторождений «Кальмакыр» и «Ёшлик-1», его обогатимость балансовых и забалансовых сортов руд методом флотации, в зависимости от крупности измельчения и их влияние на показатели флотации. Показаны технологические параметры измельчения, такие как зависимость выхода класса -0,074+0 мм и удельная производительность мельницы от времени измельчения руды.

Ключевые слова: *сырье, золото, медь, молибден, руда, флотация, извлечение, крупность, измельчение, концентрат, реагент, обогащение.*

При переработке рудного сырья обогащаемого флотацией, важное значение имеют не только различные флотореагенты, собиратели, технологические параметры, но также и крупность минерального сырья для получения концентрата. Так как себестоимость получения концентрата измельчение руды до необходимой крупности составляет 30-50%.

В работе показано изменение фракционного состава рудных и породных минералов при варьировании продолжительности измельчения руд, массы и размерного состава измельчающей среды; распределения меди по классам крупности при обогащении смешанных медно-молибденовых руд при варьировании крупности измельчения, видно, что с увеличением степени измельчения руды относительная массовая доля меди в классе -10 *мкм* растёт [1].

Авторами работ показано, с целью улучшения качественного извлечения металлов в концентрат помимо достижения необходимой размерности можно подробно рассмотреть и другие подходы. Так, в работе на пробе лежалых сульфидных медно-никелевых забалансовых руд и хвостов проведена оценка влияния крупности измельчения на показатели флотации, при различных значениях pH (в щёлочной и кислой средах) на хвостах. Извлечение никеля и меди в общий пенный продукт в этом случае составило соответственно на 2,5 и 2,7% выше, чем в кислой среде при близком качестве пенных продуктов [2-5]. В работе установлено, с помощью тонкого и ультратонкого измельчения достигается требуемая полнота раскрытия сростков сульфидных минералов друг с другом и вмещающими породами по сравнению с традиционным шаровым измельчением, а гидроударно-кавитационное измельчение повышает селективность вскрытия сростков при равенстве гранулометрического состава продуктов измельчения роторно-пульсационных аппаратов и шаровых мельниц.

Показано, что использование грохотов тонкого гидравлического вибрационного грохочения в циклах рудоподготовки по сравнению с гидроциклонами позволяет снизить циркуляцию тонких классов крупности с надрешётным продуктом и потенциальное переизмельчение рудных минералов [6].

Авторами работ, исследован реагентный режим флотации, который испытан на пробе вкрапленной медно-никелевой руды, подвергнутой предварительной обработке высоковольтными наносекундными импульсами.

В качестве собирателей испытывали сочетание неионогенных собирателей класса тионокарбаматов, которые известны как эффективные собиратели медных минералов, селективные по отношению к сульфидам железа, в частности, пирита и пирротина.

Однако, установлено, что при использовании сочетания тионокарбамата с ксантогенатом в определённом порядке и пропорции, на 5-15% возрастает выход минерала меди – халькопирита [7, 8].

В работах представлены результаты флотационного обогащения двух проб медно-порфировых руд, отобранных на различных участках месторождений, с целью уточнения технологических показателей их переработки.

Флотационные опыты проводили по схеме, включающей: измельчение руды до крупности 70% класса –0,071 *мм*, основную и контрольную флотации, доизмельчение чернового концентрата до крупности 92% класса –0,071 *мм*, две-три перечистки доизмельчённого концентрата, дофлотацию хвостов первой перечистки.

В качестве реагентов-собирателей использовали Aerophine 3418A и бутиловый ксантогенат, депрессор породы минералов - жидкое стекло. Флотацию и перечистку проводили в высокощёлочной среде (pH>10), создаваемой известью. Наиболее эффективным собирателем медных минералов для руды пробы 1 оказался реа-

Таблица 1

Результаты ситового анализа проб руд месторождений «Кальмакыр» и «Ёшлик-1»

Класс крупности, *мм*	Выход, %	Содержание				Распределение по классам, %			
		Au, *г/т*	Ag, *г/т*	Cu, %	Mo, %	Au	Ag	Cu	Mo
«Кальмакыр» балансовая									
-3,0+2,5	38,0	0,21	1,02	0,22	0,00702	32,05	35,51	34,47	38,26
-2,5+1,4	9,4	0,19	0,95	0,23	0,00639	7,19	8,21	8,94	8,64
-1,4+1,0	15,7	0,24	0,73	0,23	0,00654	15,09	10,47	14,85	14,69
-1,0+0,5	12,9	0,28	0,95	0,21	0,0042	14,47	11,20	11,14	7,75
-0,5+0,315	5,9	0,32	1,07	0,2	0,00594	7,62	5,81	4,89	5,05
-0,315+0,18	6,3	0,27	1,21	0,22	0,00747	6,87	7,03	5,75	6,79
-0,18+0,08	5,3	0,31	1,99	0,35	0,01056	6,62	9,70	7,67	8,06
-0,08+0,044	2,1	0,35	2	0,47	0,01314	2,99	3,90	4,13	4,01
-0,044+0	4,3	0,41	2,07	0,46	0,01092	7,09	8,17	8,17	6,75
Руда	**100**	**0,25**	**1,09**	**0,24**	**0,0070**	**100**	**100**	**100**	**100**
«Кальмакыр» забалансовая									
-3,0+2,5	29,7	0,15	1,01	0,16	0,0052	23,81	23,29	26,05	16,08
-2,5+1,4	9,3	0,18	0,89	0,18	0,0070	8,91	6,40	9,14	6,85
-1,4+1,0	15,8	0,16	0,82	0,17	0,0084	13,56	10,09	14,77	13,91
-1,0+0,5	16,0	0,21	1	0,18	0,0123	17,96	12,42	15,79	20,73
-0,5+0,315	7,4	0,24	0,83	0,19	0,0132	9,52	4,78	7,73	10,28
-0,315+0,18	6,2	0,21	0,72	0,20	0,0133	6,97	3,47	6,81	8,65
-0,18+0,08	5,7	0,23	0,98	0,22	0,0155	7,05	4,37	6,92	9,35
-0,08+0,44	2,4	0,26	2,27	0,25	0,0122	3,38	4,29	3,33	3,13
-0,044+0	7,5	0,22	5,3	0,23	0,0140	8,83	30,90	9,47	11,01
Руда	**100**	**0,187**	**1,29**	**0,18**	**0,0095**	**100**	**100**	**100**	**100**
«Ёшлик 1» балансовая									
-3,0+2,5	29,6	0,32	0,74	0,41	0,0042	23,11	19,54	27,88	19,75
-2,5+1,4	8,9	0,41	1,18	0,38	0,00804	8,93	9,40	7,80	11,41
-1,4+1,0	14,5	0,36	1,10	0,41	0,0075	12,76	14,25	13,68	17,31
-1,0+0,5	16,1	0,39	1,11	0,37	0,00786	15,35	15,98	13,72	20,15
-0,5+0,315	7,3	0,42	1,08	0,34	0,00798	7,49	7,04	5,71	9,27
-0,315+0,18	7,9	0,48	1,30	0,39	0,00516	9,27	9,18	7,09	6,49
-0,18+0,08	6,4	0,59	1,80	0,71	0,00344	9,22	10,29	10,45	3,50
-0,08+0,044	2,0	0,74	1,62	0,76	0,00914	3,54	2,84	3,43	2,85
-0,044+0	7,3	0,58	1,76	0,61	0,00798	10,34	11,47	10,24	9,27
Руда	**100**	**0,41**	**1,12**	**0,43**	**0,0063**	**100**	**100**	**100**	**100**
«Ёшлик 1» забалансовая									
-3,0+2,5	19,8	0,16	1,04	0,21	0,0075	14,45	16,72	17,53	21,16
-2,5+1,4	8,9	0,19	1,09	0,22	0,0024	7,76	7,93	8,31	3,06
-1,4+1,0	18,0	0,19	1,15	0,24	0,0037	15,59	16,80	18,20	9,49
-1,0+0,5	18,1	0,17	1,26	0,2	0,0069	14,04	18,52	15,26	17,80
-0,5+0,315	9,2	0,18	1,19	0,19	0,011	7,53	8,86	7,34	14,37
-0,315+0,18	9,7	0,37	1,45	0,18	0,0047	16,38	11,43	7,53	6,50
-0,18+0,08	7,2	0,30	1,41	0,33	0,0074	9,83	8,22	9,99	7,58
-0,08+0,044	2,7	0,32	1,96	0,42	0,0156	3,99	4,35	4,82	6,08
-0,044+0	6,5	0,35	1,35	0,4	0,015	10,43	7,16	11,01	13,96
Руда	**100**	**0,22**	**1,23**	**0,24**	**0,007**	**100**	**100**	**100**	**100**

Таблица 2

Зависимость выхода класса -0,074+0 *мм* от времени измельчения руды

Месторождение	Выход класса -0,074 *мм*, % при времени измельчения, *мин*					
	0	10	15	20	25	30
Кальмакыр балансовая	11,6	50,5	65,8	75,8	83,2	86,2
Кальмакыр забалансовая	15	56,2	70,9	79,9	86,3	88,8
Ёшлик балансовая	18	54,5	68,2	77,9	84,9	87,5
Ёшлик забалансовая	16,8	53,2	67,2	76,6	82,9	85,4

Таблица 3

Зависимость удельной производительности лабораторной мельницы от времени измельчения руды

Месторождение	Удельная производительность лабораторной мельницы, *т/м³·ч* при времени измельчения, *мин*				
	10	15	20	25	30
Кальмакыр балансовая	0,333	0,310	0,275	0,245	0,213
Кальмакыр забалансовая	0,353	0,319	0,278	0,244	0,211
Ёшлик балансовая	0,313	0,287	0,257	0,229	0,198
Ёшлик забалансовая	0,312	0,288	0,256	0,227	0,196

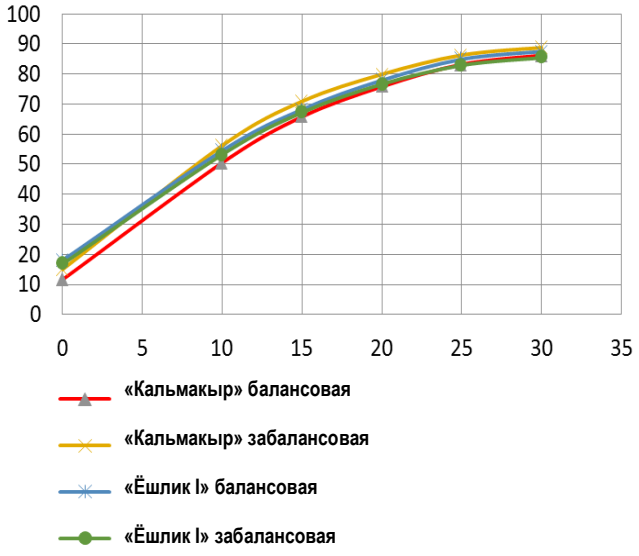


Рис. 1. Кривая зависимости выхода класса -0,074 мм от времени измельчения руды

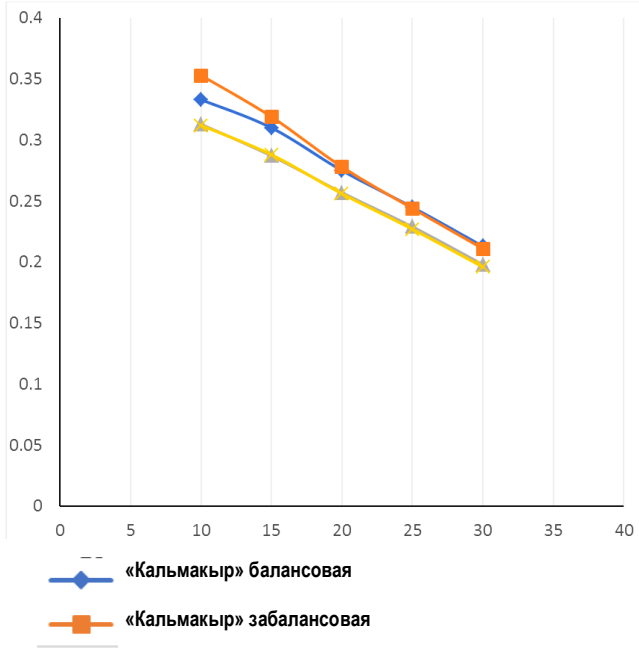


Рис. 2. Кривая зависимости удельной производительности лабораторной мельницы от времени измельчения

гент Aerophine 3418A, пробы 2 – бутиловый ксантогенат. Получен медный концентрат с массовой долей меди 20,6% при извлечении 85,9% [9, 10]. В работах раскрывается эффективность использования компьютерных технологий, который позволяет регулировать производительность и настройку дробилки в зависимости от выхода готовых фракций руды по крупности, циркуляционной нагрузке, энергозатратам и эффективности грохочения.

Алгоритм управления процессами измельчения и флотации предполагает последовательное применение оптического метода оценки содержания поступающей руды и экономически обоснованную оптимизацию технологических процессов с использованием базы данных содержания руды.

Внедрение систем оперативного контроля качества руды на обогатительной фабрике «Эрдэнэт» (Монголия) способствовало снижению потерь ценных компонентов [11, 12].

В связи с чем, одними из задач эффективного флотационного обогащения руд являются: степень измельчения руд до заданной крупности, разработка реагентного режима, ультратонкое измельчение, подбор щёлочной среды, автоматизированное управление с целью улучшения технологических параметров обогащения.

Для выяснения распределения основных ценных компонентов по классам крупности исходные пробы руды, дроблённые до -3+0 *мм* и шихты до -2+0 *мм* подвергались ситовому анализу.

Также для дальнейшего исследования руд флотацией измельченной руды (крупность 80% кл. -0,074+0 *мм*), проводились исследования измельчаемости материала изучаемых проб руды по объектам месторождений Ёшлик-1 и Кальмакыр.

Результаты ситового анализа приведены в *табл.1*

Как следует из *табл.1*, содержание ценных металлов в изучаемых пробах руд повышается в мелких классах крупности.

Измельчаемость материала изучаемых проб руды изучалась следующим образом, навески руды массой 1 *кг* измельчались в лабораторной мельнице марки XMQ-240x90 в течение различного времени.

Измельчение проводилось при постоянной шаровой загрузке при отношении Т : Ж : Ш = 1 : 0,75 : 8. Измельчённый продукт просеивался через сито с отверстиями 0,074 *мм* (200 меш.).

Кривая зависимости выхода класса -0,074 *мм* от времени измельчения руды приведена на *рис. 1*.

Кривая зависимости удельной производительности лабораторной мельницы от времени измельчения руды приведена на *рис. 2.*

Из *табл. 3* видно, что наиболее высокая удельная производительность лабораторной мельницы имеет место при времени измельчения 10-20 *мин*.

По *табл. 3* и *рис. 2* видна зависимость выхода класса -0,074+0 *мм* от времени измельчения руды и зависимость удельной производительности лабораторной мельницы от времени измельчения руды, видно, что наиболее высокая удельная производительность лабораторной мельницы имеет место при времени измельчения 10-20 *мин*.

На *рис. 2* приведена кривая линия зависимости технологических показателей от крупности питания обогатимости балансового и забалансового сорта руд Ёшлик-1.

В целом, по опытам отмечается тренд на увеличение извлечения меди при снижении крупности питания, с 91,02 до 92,45%.

Наиболее значимое влияние снижение крупности оказывает на извлечение молибдена — с 45,14 до 56,75%.

Извлечение золота имеет скачкообразный характер и колеблется в широком диапазоне — от 24,95 до 62,11%, это может быть связано с малой массой полученных продуктов, недостаточной для пробирного метода анализа, а атомно-адсорбционный способ в совокупности с пробоподготовкой даёт большую ошибку при определении. Зависимости извлечения меди и молибдена от крупности питания приведены на *рис. 1.*

На *рис. 3* приведена флотационная схема зависимости извлечения меди и молибдена в суммарный концентрат от крупности измельчения питания флотации. Анализ грансостава хвостов флотации показал, что при крупности измельчения 60% кл. -74 *мкм* значимая часть меди и золота теряется с классом крупности более 74 *мкм* – 53,97 и 62,42% (от операции) соответственно, а при снижении крупности измельчения до 80% кл. -74 *мкм* потери меди и золота с классом крупности более 74 *мкм* сокращаются до 35,99 и 30,30% (от операции) соответственно. Вероятнее всего данные потери обусловлены бедными сростками

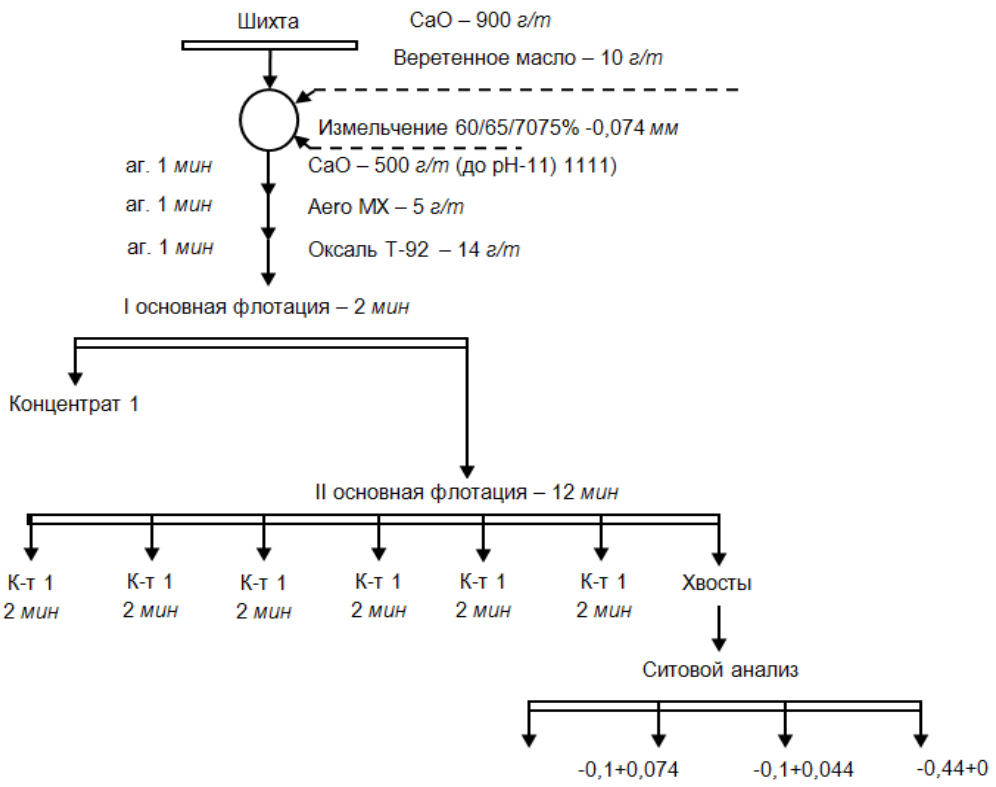


Рис. 3. Зависимость извлечения меди и молибдена в суммарный концентрат от крупности измельчения питания флотации

халькопирита и ассоциированного с ним золота с породными минералами, таким образом более тонкий помол питания флотации может способствовать повышению извлечения ценных компонентов, однако из-за высокой погрешности аналитики оценить абсолютную величину прироста извлечения на данном этапе не представляется возможным.

Библиографический список:

1. Morozov V.V, Delgerbat Lodoy. Application of optical analysis of ore for automated controlof the ore beneficiation. Mining sci. technol. – Moskov: MISiS. 2021, pp, 124-129.

2. Черноусенко Е.В., Митрофанова Г.В., Вишнякова И.Н., Каменева Ю.С. Флотационные и магнитные методы для выделения цветных металлов из бедного техногенного сырья. Цветные металлы. – № 2. – Москва: Руда и Металлы, 2019. – С. 11-15.

3. Аксенов Е.М., Садыков Р.К., Алискеров В.А., Киперман Ю.А., Комаров М.А. Техногенные месторождения – проблемы и перспективы вовлечения в хозяйственный оборот. Разведка и охрана недр. – № 2. – Москва: Недра, 2010. – С. 17-20.

4. Евдокимов С.И., Евдокимов В.С. Переработка руд и техногенного Cu–Ni-сырья с применением технологии струйной паровоздушной флотации. Цветная металлургия. – № 2. – Москва: Руда и Металлы, 2015. – С. 3-8.

5. Семушкина Л.В., Турысбеков Д.К., Рулев Н.Н., Нарбекова С.М. Флотация хвостов обогащения свинцово-цинковых руд комбинированным собирателем с использованием микроэмульгирования. Обогащение руд. – № 2. – Москва: Руда и Металлы, 2017. – С. 26-31.

6. Мамонов С.В., Закирничный В.Н., Метелев А.А., Дресвянкина Т.П., Волкова С.В., Кузнецов В.А., Зиятдинов С.В. Перспективные технологии раскрытия минерального сырья при подготовке к флотационному обогащению // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – № 5 . – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2019. – С. 158-169.

7. Хабарова И.А., Гетман В.В., Бунин И.Ж. Повышение эффективности обогащения вкрапленных медно-никелевых руд на основе применения сочетаний флотационных реагентов и импульсных энергетических воздействий. Материалы XXV международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург, 07-10 апреля 2020 г. – С. 78-83.

8. Игнаткина В.А., Аксенова Д.Д., Каюмов А.А., Ергешева Н.Д. Пероксид водорода в реагентных режимах флотации колчеданных медных руд. Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. – № 1. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2022 г. – С. 139-144.

9. Асончик К.М., Аксенова Г.Я., Максимов И.И., Тасина Т.И. Исследование различных режимов флотации медно-порфировой руды // Цветные металлы. – № 4. – Москва: Руда и Металлы, 2017 г. – С. 70-72.

10. Юшина Т.И., Пурэв Баянмунх, Д' Элия Янес Калим Себастьян. Совершенствование реагентного режима флотации медно-порфировых руд месторождения Эрдэнэтийин-Овоо. Материалы международной конференции Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья. Плаксинские чтения – Москва: СКГМИ (ГТУ), 2021. – С. 304-305.

11. Solozhenkin P.M. Flotation of gold minerals by promising collectors according to molecular modeling data // Горный журнал. – № 11. – Москва: Руда и металлы, 2017. – С. 94-96.

12. Морозов В.В., Эрдэнэзуул Жаргалсайхан, Пестряк И.В. Повышение эффективности флотации медно-молибденовых руд с использованием измерения поглотительной способности пульпы. Горные науки и технологии. – № 5 (3). – Москва: МИСиС, 2020 г. – С. 188-200.

UO'K 661.666.2 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.013

TOSHQAZGAN GRAFIT RUDASINING HUSUSIYATLARINI O'RGANISH VA ORGANIK MODDA YORDAMIDA BOYITISH USULLARI

Umarov Sh.A.,
O'zR FA Navoiy bo'limi «Mashinasozlik, asbobsozlik va avtomatlashtirish» bo'limi mudiri, t.f.n.

Kuylieva Sh.D.,
O'zR FA Navoiy bo'limi doktoranti

Hozirgi kunda Fanlar akademiyasi Navoiy bo'limi xodimlari tomonidan Buxoro viloyati Peshku tumanida joylashgan grafit konidagi rudalarning namunalari organik modda flotatsion usulini qo'llagan xolda boyitilib ularning xususiyatlari o'rganilmoqda. Ilmiy tadqiqotlar laboratoriya sharoitida olib borilmoqda. O'rganish jarayonida aktual masalalar ko'rib chiqilmoqda va tahlillar asosida ularni yechimiga qaratilgan. Ushbu maqolada shu masalalar o'z yechimini topgan.

Tayanch iboralar: *grafit, kon, xususiyat, usul, qalam, grafit sterjen, kaolin, suyuq shisha, ma'danli jismlar.*

В настоящее время сотрудниками Навоийского отделения Академии наук обогащаются образцы руд месторождения графит, расположенного в Пешкинском районе Бухарской области, методом флотации органического вещества и изучаются их свойства. Научные исследования проводятся в лабораторных условиях. В процессе исследования рассматриваются актуальные вопросы и на основе анализа делается акцент на их решении. Эти вопросы были решены в этой статье.

Ключевые слова: *графит, шахта, свойство, метод, карандаш, графитовый стержень, каолин, жидкое стекло, рудные тела.*

Hozirgi kunda O'zbekiston Respublikasida o'sib borayotgan iqtisodiyotimizning barcha sanoat tarmoqlariga, jumladan mashinasozlik sohasiga rahbariyatimiz tomonidan katta e'tibor qaratilmoqda. Rivojlanishning asosiy garovi – sifatli xaridorgir mahsulotarni ishlab chiqarishini yo'lga qo'yish va xalqimizga yetkazish. Bu dolzarb va aktual masallarni yechish uchun foydali qazilmalarning yangi konlarini zamonaviy texnika va texnologiyalar asosida geologik-qidiruv ishlarini olib borish va topish, qazib olish va qayta ishlash korxonalarini qurish hamda yuqori sifatli tayyor mahsulotlarni ishlab chiqarish lozim.

Hususan, 1928 yilda O'rta Osiyo geologiyasi tomonidan kashf etilgan Buxoro viloyatidagi Toshqazgan konining grafit rudalarini qayta ishlash jarayonini o'rganib va organik modda flotatsion usulini qo'llagan xolda boyitib ularning xususiyatlarini o'rganish aktual muammolardan biridir.

Toshqazgan grafit koni Buxoro viloyati Peshku tumani hududida Jongeldi qishlog'idan 9 *km* uzoqlikda joylashgan. Grafitli ma'danli jismlarning ko'pchiligi sanoat ahamiyatiga ega bo'lib, konning janubiy-sharqiy qismida (rudali jismlar № 3, 8, 9, 30), shimoliy-g'arbiy qismida joylashgan [1].

1-jadval

Tazkazgan konidagi grafit rudalarining tarkibidagi uglerod miqdoriga ko'ra guruhlarga ajralishi

№	Grafit rudasi turi	Tarkibidagi uglerodning miqdori, mass. %	Kondagi grafitrudasining umumiy miqdoridagi ulushi	Guruh
1.	Kam uglerodli	5-10	30	uglerodga boy bo'lmagan
2.	Quyi	10-20	40	past sifatli
3.	O'rta	20-30	20	o'rtacha sifatli
4.	Yuqori	30<	10	yuqori sifatli

Grafit sifat talablari juda yuqori bo'lgan materiallar turiga kiradi. Grafitning tozaligi, ko'mir kabi, kuyishdan keyin qoldiq miqdori bilan ifodalanadi. Shuning uchun, grafit ko'p tarmoqlarda foydalinadi. Jumladan, metallurgiyada kuyishishlarida, neft-gaz sohasida, elektrotexnikada, qalam sanoatida va boshqalarda keng qo'llaniladi. Grafit shuningdek, atom qozonlaridagi yadro reaksiyalarida sekinlashtiruvchi sifatida ishlatiladi, buning uchun grafit ideal darajada toza bo'lishi kerak. Bunda grafit rudasini boyitish juda katta ahamiyatga ega [2].

Grafit rudasini asosiy katta qismini, sanoat qiymati, konning janubiy-sharqiy qismida to'plangan (3, 8, 9, 30 ruda tanalari), shimoliy-g'arbiy qismida ikkita yirik tanasi aniqlangan.

Konning janubiy-sharqiy qismida sanoat rudalari tanasining uzunligi 470-840 m, shimoliy-g'arbiy qismida 175 va 450 *m* tashkil etgan. Grafit jismlarining qalinligi o'rtacha 10,5 *m*. Grafit uglerod tarkibiga qarab, grafit rudalari shartli ravishda (1952 yildagi zaxiralarni xisoblariga ko'ra) tarkibida grafit uglerod miqdori 5-10% bo'lgan kambag'allarga bo'linadi (rudalarning umumiy hajmining 30%ni tashkil etadi), quyi - 10 -20% (40%), o'rta - 20-30% (20%), yuqori 30% dan ortiq (10%) [2, 3].

Sirtdan (ayrim ruda jismlarida 15 *m* chuqurlikka qadar grafit yotqiziqlari bo'ylab kalsit, gips, gil minerallar va slyuda xosil bo'ladigan ekzogen ob-xavo zonasi rivojlangan. Erkin uglerod miqdori 3,1 dan 48,5 gacha yupqa qatlamli grafit. Konsentratning kul qismida yuqori disperslik, yog'li tarkib va qattiq qo'shimchalarning yo'qligi uni grafitdan MDH davlatlarining boshqa konlaridan ajrarilib turadi [2].

O'rta Osiyo geologiyasi tadqiqotchilar tomonidan "bitta" Kon 1928 yildan 1975 yilgacha bir necha bor o'rganilgan va vaqti-vaqti bilan geologik-qidiruvi ishlari olib borilgan. Ishlab chiqarish ochiq konda amalga oshirildi. Qazib olingan rudani standart grafit tarkibiga (25%) mos ravishda sozlash rudalarni qo'lda saralash orqali amalga oshirildi. Maksimal yillik mahsuldorlik 1,2 tijorat grafitiga yetdi (GOST 17022-71 marka GLS-4) [2].

1942 yildan beri grafit miqdori 25% dan yuqori bo'lgan Toshqazgan konining grafit rudalari, tuproq shaklida, Toshkent qishloq xo'jaligi mashinasozlik zavodi tomonidan somonni ishqalash uchun xamir shaklida bo'yoq ishlab chiqarish uchun, suyuqlik shaklida esa tayoqchalar va quruq qoliplarni bo'yash uchun, qoliplash materiallari, astar kovaklari va konvertorlarninng chidamligini oshirish uchun ishlatilgan.

O'zbekiston Respublikasi Davlat balansi komissiyasi tomonidan tasdiqlangan grafit zaxiralari Buxoro viloyatining Toshqazgan grafit konida joylashgani hisobga olingan (Mineral zaxiralari davlat balansi). O'z. Grafit, 2016). Grafit rudasi zaxiralari 01.01.2016 yil xolatiga ko'ra. A+B+C_1 mushukka ko'ra 2334,2 ming *t* (349,5 tqs. *t* grafit), S_2-3797,4 ming tonnani tashkil etadi. Tarkibi jihatdan Toshqazganning ruda tanalari mineral birikmalarining murakkab majmuasidir. Rudaning asosiy qismini kaolin, xlorit, serpentinit har xil nisbatda tashkil etadi [1, 3]. Umumiy istiqbolli zaxiralari 25 million tonnani tashkil etadi [2, 3].

Grafit sifat jihatdan juda katta talab qo'yiladigan materiallar guruhiga kiradi. Uning ishlatilish ko'p jihatdan ma'danlarning strukturaviy hususiyatlariga, ulardagi grafit uglerodining tarkibiga, grafitni mayda silliqlash imkoniyatlariga va boshqalarga bog'liq. Yuqorida ko'rsatib etganimizdek, grafit eng ko'p miqdorida turli tarmoq soxalarida qo'llaniladi. Shuningdek grafit, yadro qozonlarida, yadro reaksiyalarida moderator sifatida ishlatiladi, buning uchun u ideal darajada toza bo'lishi kerak [4].

Maqsad va vazifalardan kelib chiqqan xolda kuyidagi masalalar tadqiq etilmoqda: Buxoro viloyati Toshqazgan grafit koni rudalarini o'rganish; grafit rudasini boyitish usulini tanlash, texnologik jarayonlar va ularning texnik parametrlarini aniqlash; turli xil yig'uvchi, ko'pik xosil qiluvchi reagentlarni taqqoslash orqali flotoreagentlarning maqbul tarkibini tanlash; flotatsiya usulida boyitishi vaqti, maydalanish darajasi, Ph muhit, harorat, boyitish jarayoninig ketma-ketligi va texnologik parametrlarning maqbul qiymatini tashlash va ishlab chiqish; boyitilgan grafit konsentratining laboratoriya partiyasini aniqlash; grafit konsentrati va neft moylariga asoslangan moylash materiallarining maqbul tarkibini tanlash; Navoiy kon-metallurgiya kombinati sharoitida ishlab chiqilgan texnologiyadan foydalangan holda grafit konsentratining tajriba sanoat partiyasini tayyorlash va ishlab chiqish.

Tadqiqotning maqsadi – Toshqazgan konining grafit rudalari tarkibi va xususiyatlarini o'rganib hamda boyitishining usullari asosida tahlil etib maqbul texnologiyasini tanlash, turli xil kollektorlar va ko'piklardan tayyorlangan aralashmalarni taqqoslash orqali eng samarali flotoreagentlarni aniqlash.

Mineral tarkibiga ko'ra Toshkazgan grafit rudalari polimineral rudalar sinfiga kiritiladi va uning tarkibida kaolinit, xlorit, kvars, serpentinit turlicha nisbatda o'zgaradi.

Zamonaviy asbob-uskunalardan foydalangan holda Toshkazgan konidan grafit rudasini moddiy tarkibini aniqlash hamda yuqori sifatli grafit konsentratlarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish jarayoni amalga oshirildi.

Jumladan, Buxoro viloyati Peshku tumanidagi Toshkazgan grafit rudasi konidan tadqiqotlar uchun grafit rudasi namunasi olindi. Grafit rudasi tarkibida 4% gacha namlikni saqlashi va 51,8% gacha grafit, 19% organik moddalar, 6% uchuvchan moddalar, 4,4% temirdan tarkib topganligi, kuydirishdagi qoldiq esa 38% ni tashkil etishi aniqlangan.

2-jadval

Toshkazgan konidagi grafit rudalarining tarkibidagi uglerod miqdoriga ko'ra guruhlarga ajratilishi

Ruda turi	Grafitning tarkibi va xususiyatlari	Xost toshlar	Flotatsiya usulida boyitilishi
Aniq kristalli	1 dan 6% gacha, kamdan kam hollarda 10-12% gacha. Qovoqli va zich kristalli grafitli sof po'stloqli va aralash rudalar mavjud	Kristalli slaneslar, gneyslar, kvarsitlar, granitlar, va gabro	Asosiy va birinchi tozalash flotatsiyalarida yuqori darajada uglerodni qayta ishlash (90% dan ortiq) va yuqori boyitish darajasi
Aniq kristalli va yopiq kristalli	0,5 dan 12% gacha, kamdan-kam hollarda 60-90% gacha. Aniq va zich kristalli grafit ustunlik qiladi, bo'ysunadigan miqdorda yopiq kristalli	Nefilin sienitlar va slaneslar	Har xil boyitish darajasi o'rtachadan ahamiyatsizgacha. Uglerod yo'qotishlarini oshirish.
Yopiq kristalli	Sochilgan va zich farqlar sifatida 1dan 90 gacha	Kvarslar va slanetslali kremniylishlyuzli, gilli-karbonatli, karbonli argilli	Uglerodning qoldiqlari bilan katta yo'qotishlari (50-90%), boyitishning ahamiyatsiz darajasi

1952 yilda o'tkazilgan zaxiralarni hisoblash natijalariga asosan grafit rudasi o'zidagi uglerod miqdoriga ko'ra ularni shartli ravishda to'rt guruhga ajratish mumkin.

Laboratoriya va texnologik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, konsentratsiyaga ko'ra grafit rudalari quyidagilarga bo'linadi: oson flotatsiyalanadigan, sodda flotareagentlar orqali (kerosin); faqat murakkab flotareagentlar orqali, ya'ni olein kislotasi va oleat natriya orqali boyitiladigan; umuman flotatsiyalanmaydigan, oxirgisiga nurash zonasidan olingan karbonat grafit rudalari kiradi.

Tadqiqotlarda qabul qilingan tasnifga ko'ra, grafit rudalari shakllantrishning yetakchi jarayoniga ko'ra-magmatik, metamorfik va kontakt-metamorfiklarga bo'linadi. Uglerod manbai bo'yicha bogen va abiogenga bo'linadi. Biogen turiga Botogol konidan olingan grafit kiradi, unda biogen tipdagi ustunli va tolali navlar mavjud. Grafit rudalari, tarkibidagi grafitning tuzilishiga qarab, uch turga bo'linadi: yoriqli, zich kristalli va kriptokristalli grafitli rudalar.

Yoriqli grafit rudalari eng qimatbaho hisoblanadi, shu nuqtai nazardangrafit miqdori past bo'lgan (5-6%) sanoat rudalari deb hisoblanadi va katta zaxiraga ega konlar uchun undan kamroq. Zich kristalli grafit rudalari ko'pincha 60-70% yoki undan yuqori miqdori bilan ajralib turadi.

Yashirin kristalli grafit rudalari metamorflangan ko'mirdan bo'lib, ular bir oz o'zgargan antrasitdan odatdagi yashirin kristalli grafitgacha bo'lgan bir qator o'tish shakllarini xosil qiladi. Ba'zida grafit va antratsit bir vaqtning o'zida bir xil konda uchraydi. Ushbu turdagi ruda konlari katta zaxiralar bilan ajralib turadi. Grafit miqdori yuqori 70-80% va undan ko'p. Kamroq yashirin kristalli grafit rudalari kamdan-kam hollarda ishlab chiqadi. Grafit rudalari uchun sanoatning yagona talablari yo'q. Ular qazib olshi va boyitish bo'yicha texnik-iqtisodiy hisob kitoblar asosida har bir kon uchun belgilangan shartlar asosida baholanadi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Хамидов Р.А. Графитовые руды Узбекистана и пути их промышленного использования // Геология и минеральный ресурсы. – № 2. – Ташкент: ГУ «ИМР», 2011. – С. 34-40.

2. Брагина В.И., Бакшеева И.И. Разработка технологии обогащения графитовых руд. – № 9. – Москва: ЗАО «Горная книга», 2012. – С. 133-137.

3. Мирзаев А.У., Адылов А.У., Ахмедов Р.К., Сабиров Б.Т., Турдиалиев У.М., Черниченко Н.И. Тасказганское месторождение, как источник графитового сырья для промышленности Узбекистана // Горный вестник Узбекистана. – № 3 (74). – Навои, 2018 г. – С. 16-19.

4. Абдурахмонов Э.А., Донияров Н.А. Курс лекций по предмету: «Технология обогащения нерудных полезных ископаемых». – Навои, 2008 г. – С. 144.

УДК 662.765

DOI:10.54073/GV.2023.3.94.014

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ СУЛЬФИДНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ФЛОТАЦИИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ «КОКПАТАС» И «ДАУГЫЗТАУ»

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

Хамидов Х.И.,
профессор кафедры «Металлургия» НГГТУ, DSc

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

Фузайлов О.У.,
доцент кафедры «Металлургия» НГГТУ, PhD

Ushbu maqolada dispers sulfid zarralarining mahsulotlar bo'yicha taqsimlanishini ko'rsatuvchi flotatsiya jarayoni mahsulotlari tahlili, shuningdek, «Ko'kpatas» va «Daugyztau» konlari rudalarining flotatsion qoldiqlari tomonidan mayda sulfid zarralarini yo'qotish bahosi keltirilgan. Aniqlanishicha, 46% gacha bo'lgan mayda sulfid zarralari flotatsion kontsentratga o'tmaydi, bu zarralar suzmaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, «Ko'kpatas» konining mayda sulfid zarralari «Daugyztau» konlariga qaraganda kamroq suzadi, buning sababi «Daugyztau» konining mayda zarralari tabiiy ko'mir bilan aralashib ketganligi va hech qanday to'siqsiz suzuvchidir.

Tayanch iboralar: *flotatsiya, mayda sulfid zarralarini yo'qotish, mineralogik tahlil, flotatsiya qoldiqlari, pirit, aresenopirit, tadqiqotlar, rentgen difraksion tahlil, ishqalanish, pulpa.*

В данной работе представлен анализ продуктов процесса флотации, показывающий распределение дисперсных сульфидных частиц по продуктам, а так же дана оценка потери мелких сульфидных частиц хвостами флотации руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау». Установлено, что мелкодисперсные сульфидные частицы до 4-6% не переходят во флотоконцентрат, эти частицы нефлотируются. Результаты исследований показали, что мелкодисперсные сульфидные частицы месторождения «Кокпатас» флотируются меньше, чем месторождения «Даугызтау», это объясняется тем, что мелкодисперсные частицы месторождения «Даугызтау» вкраплены в природный угол, который флотируется без всяких препятствий.

Ключевые слова: *флотация, потери мелких сульфидных частиц, минералогический анализ, хвосты флотации, пирит, аресенопирит, исследования, рентгенофазный анализ, истирание, пульпа.*

Из литературы известно, что флотация минералов особенно успешна в диапазоне размеров частиц 15-150 *мкм* [1, 2].

Причины низкой флотации мелкодисперсных частиц отличаются от причин для крупных фракций [3], и, следовательно, эти частицы требуют различные условия при их флотации [4].

Низкое извлечение крупных частиц связано с отделением частиц от пузырьков в условиях высокой турбулентности из-за силы тяжести или плохого выделения минералов (с появлением промежуточных и запертых частиц, увеличивающихся с увеличением размера частиц), что приводит к низкой гидрофобности частиц [5, 6].

Таблица 1

Полуколичественное содержание минералов в образце флотоконцентрата «Кокпатас»

Минерал	Пирит	Арсенопирит	Кварц	Анкерит	Мусковит / иллит	Альбит	TiO_2	Кальцит	Хлорит 2b	Стибнит
Содержание, %	17,6	7,7	21,2	6,3	36,6	3,1	0,7	0,9	5,0	0,9

Однако низкое извлечение мелких частиц часто объясняется низким столкновением частиц с пузырьками в результате того, что эти частицы следуют за потоками жидкости вокруг подымающихся пузырьков [7-9].

Данная работа посвящена определению наличия проблемы потери мелких сульфидных частиц при флотации руд «Кокпатас» и «Даугызтау» и представляет глубокий анализ продуктов процесса флотации, показывающий распределение дисперсных сульфидных частиц по продуктам и оценку потери мелких сульфидных частиц хвостами флотации.

Материалы и методы.

В качестве объектов исследования были выбраны продукты флотации руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» Гидрометаллургического завода № 3 АО «НГМК».

Флотоконцентрат «Кокпатас». Результаты полуколичественного минералогического анализа флотоконцентрата «Кокпатас» приведены в *табл. 1*. Как показано основными минералами являются: пирит, арсенопирит, кварц, анкерит, мусковит, альбит, TiO_2, кальцит, стибнит. Общее количество пирита и арсенопирита составляет 25,3% по методу Ритвельда. Дифрактограмма образца флотоконцентрата «Кокпатас» приведена на *рис. 1*.

Флотоконцентрат «Даугызтау». Результаты полуколичественного минералогического анализа флотоконцентрата «Даугызтау» приведены в *табл. 2*. Как показано основными минералами являются: пирит, арсенопирит, кварц, мусковит, альбит,

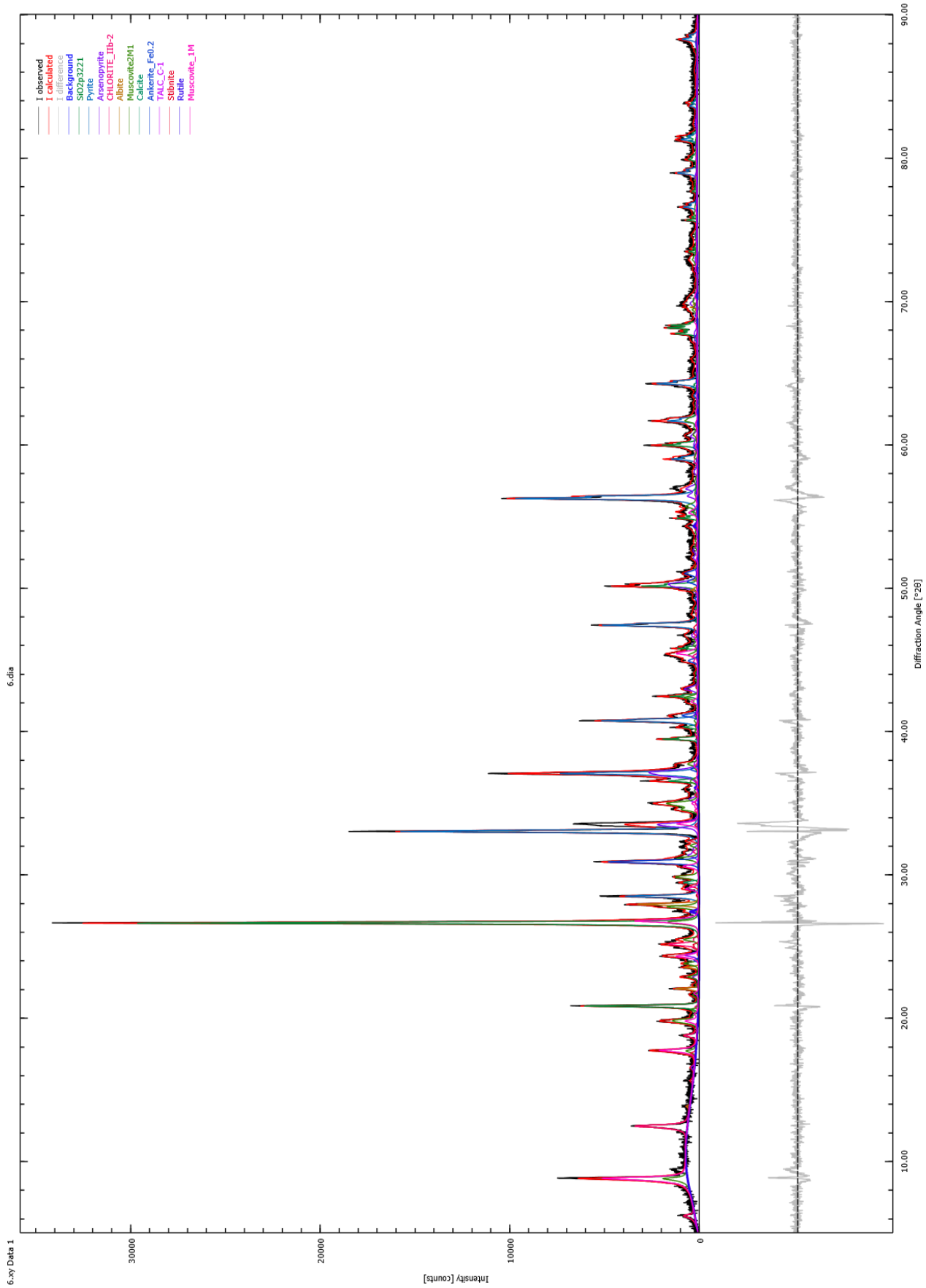


Рис. 1. Порошковая дифрактограмма образца флотоконцентрата «Кокпатас»

Таблица 2

Полуколичественное содержание минералов в образце флотоконцентрата «Даугызтау»

Минерал	Пирит	Арсенопирит	Кварц	Мусковит	Альбит	TiO_2	Хлорит 2b	Стибнит	Аппатит
Содержание, %	17,0	2,0	28,9	40.0	5,5	1,2	1,6	0,7	1,1

Таблица 3

Полуколичественное содержание минералов в образце хвостов флотации «Кокпатас»

Минерал	Кварц	Анкерит	Мусковит	Альбит	TiO_2	Кальцит	Пирит	Хлорит 2b	Апатит	Сидерит
Содержание, %	37,8	6,0	37,0	6,4	1,1	1,7	0,2	7,6	1,2	1,0

TiO_2, хлорит, стибнит и апатит. Общее количество пирита и арсенопирита составляет 19% по методу Ритвельда. Дифрактограмма образца флотоконцентрата «Даугызтау» приведена на *рис. 2*.

Хвосты флотации «Кокпатас». Порошковая дифрактограмма образца хвостов флотации «Кокпатас» представлена на *рис. 3*, а полуколичественные массовые проценты минералов, полученные в результате анализа порошковой дифрактограммы по методу Ритвельда приведены в *табл. 3*. Как видно из *табл. 3*, образец хвостов флотации «Кокпатас» содержит около 0,2% пирита, который считается золотосодержащим минералом. Анализ методом Ритвельда данных порошковой рентгеновской дифракции не выявил наличие арсенопирита.

Хвосты флотации «Даугызтау». Рентгеновская порошковая картина образца хвостов флотации «Даугызтау» представлена на *рис. 4*. Метод Ритвельда не годился для анализа данных дифракции. Пики пирита наблюдаются в дифрактограмме, но метод Ритвельда рассчитал количество пирита как ноль и не смог сопоставить другие пики.

Подготовка проб для исследования. Отбор необходимых проб были выполнены путем снятия пульпы непосредственно из производственного цикла. Всего были получены 6 проб.

Все образцы пульп были отфильтрованы и сушили при комнатной температуре. Сушка при комнатной температуре была необходима. Так как при сушке под воздействием температуры сушенные продукты имели бы кусковатость и пришлось бы их тщательно истирать.

При дополнительном истирании мелкие частицы могли бы переизмельчаться и в результате не было бы достоверности что эти сульфидные частицы изначально были мелкими. Кроме того, во время фильтрации после визуальной оценки, чтобы жидкость проходила пробы оставляли на вакуумном фильтре дополнительно 6 *ч*, чтобы минимизировать риск образования кусковатости. Все образцы после процесса перемешивали и делили методом «кольцо–конус» и подвергали рентгеноструктурному анализу и исследованию на сканирующем электронном микроскопе в центре передовых технологий.

Порошковый рентгенофазовый анализ. Образцы в форме порошка использовались для заполнения держателя образцов по высоте, тщательно выровненного в плоскости отражения дифрактометра, чтобы минимизировать ошибки в положениях кристаллографических пиков. Дифракционные данные собирали в диапазоне углов от 5 до 90 ± 2 тета. Дифракционные данные получали на дифрактометре Empyrean (Panalytical, Нидерланды). Порошковые дифрактограммы 6 образцов были уточнены с использованием метода Ритвельда. Метод Ритвельда – это метод анализа данных порошковой дифракции, в котором кристаллическая структура уточняется путем подгонки всего профиля дифракционной картины к расчетному профилю с использованием метода наименьших квадратов. Промежуточный этап извлечения структурных факторов отсутствует, поэтому можно анализировать паттерны, содержащие множество перекрывающихся пиков Брэгга. Метод Ритвельда анализировался только на наличие минеральных фаз.

Электронно-сканирующая микроскопия. Образцы были тщательно перемешаны, и затем 100 *мг* образца были помещены в пресс для изготовления таблетки диаметром 0,5 *мм*. Далее образцы помещали в камеру для образцов сканирующего электронного микроскопа EVO MA 10 (Carl Zeiss, Германия). Образцы анализировали в режиме низкого вакуума сканирующего электронного микроскопа, которая даёт возможность анализировать частицы углерода в образцах. Для формирования изображений был использован детектор обратно рассеянных электронов, а спектры энергодисперсионного рентгеновского излучения были получены с использованием кремниевого дрейфового детектора Oxford Instruments (Великобритания) с активной площадью детектора 10 *мм*^{2}. Поскольку количество обратно рассеянных электронов прямо пропорционально атомному номеру элементов в образце, минералы с более тяжелыми элементами, такими как Fe, As, S, Ag и Au, отображаются более яркими по сравнению с более легкими элементами.

Обсуждение результатов.

Флотоконцентрат «Кокпатас». Многоэлементное картирование было выполнено на поверхности образца флотоконцентрата «Кокпатас» при 180-кратном увеличении, снимки которого представлены на *рис. 5*.

Эта карта ясно показывает, что частицы пирита/арсенопирита имеют размер менее 80 микрон в образце.

Очень яркие частицы, наблюдаемые в центре и в правом нижнем углу, представляют собой антимонит (Sb_2S_3). Сигнал от сурьмы перекрывается сигналом кальция, а яркость минералов показывает, что это могут быть только минералы антимонита, так как этот минерал имеет более тяжелый атом как сурьма.

Как видно из порошкового рентгенофазового анализа, в образце присутствуют минералы как пирита, так и арсенопирита.

В пробе присутствуют частицы углерода размером около 50 *мкм* и менее, а также некоторые карбонаты.

Фосфор связан с кальцием, образующим фосфатные минералы. При таком увеличении невозможно было увидеть, связан ли фосфор с редкоземельными металлами.

Флотоконцентрат «Даугызтау». Многоэлементное картирование было выполнено на поверхности образца флотоконцентрата «Даугызтау» при 200-кратном увеличении и представлено на *рис. 6*.

Эта карта ясно показывает, что частицы пирита / арсенопирита размером менее 80 *микрон* в образце. Частицы арсенопирита намного меньше, чем частицы пирита в образце.

Частица углерода в середине рисунка имеет размер около 100 *мкм*, все остальные частицы углерода меньше по размеру, но визуально в образце больше углеродных частиц по сравнению с образцом флотоконцентрата «Кокпатас».

Фосфор связан с кальцием, образующим фосфатные минералы. Было невозможно увидеть, связан ли фосфор с редкоземельными металлами.

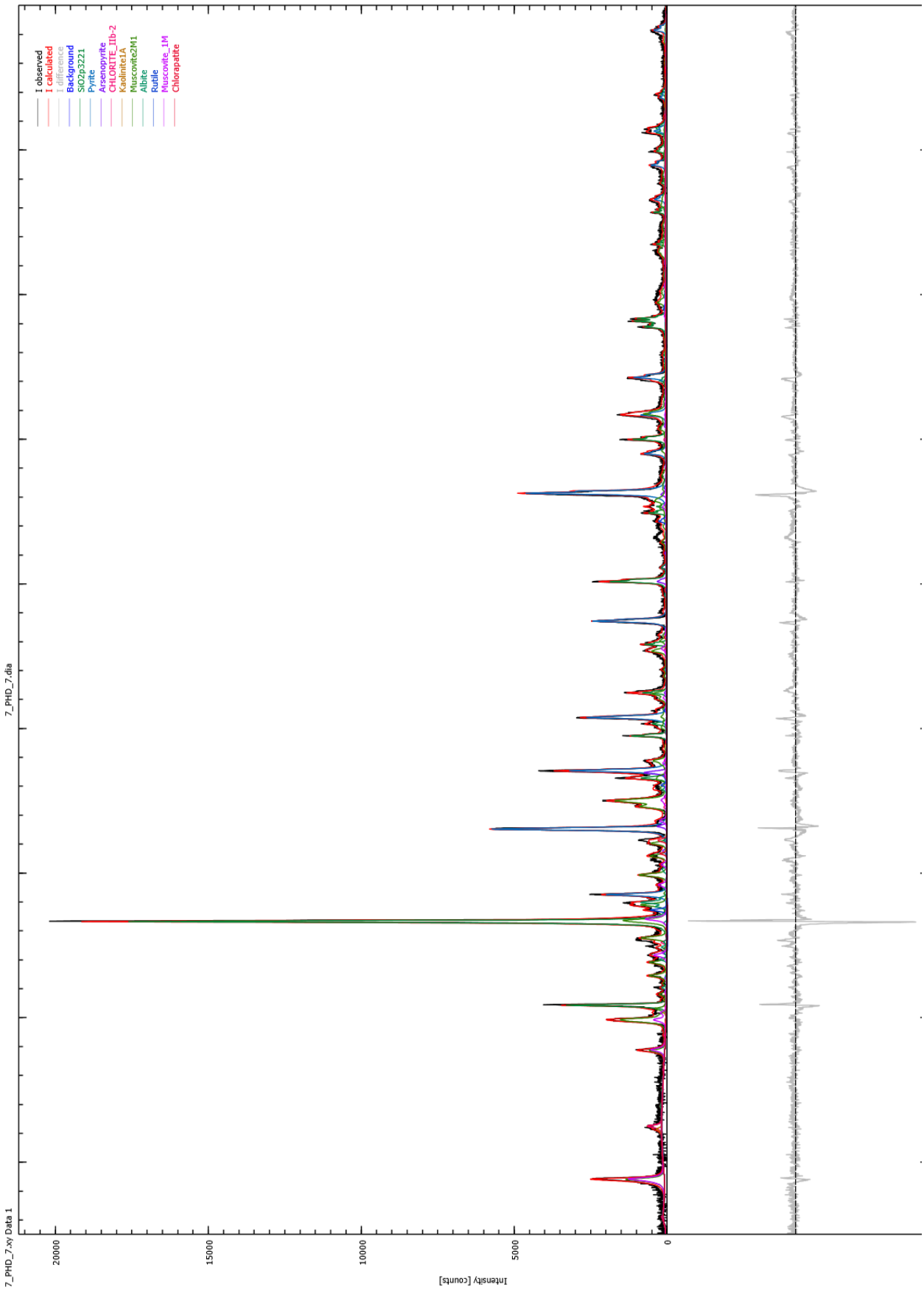


Рис. 2. Порошковая дифрактограмма образца флотоконцентрата «Даугызтау»

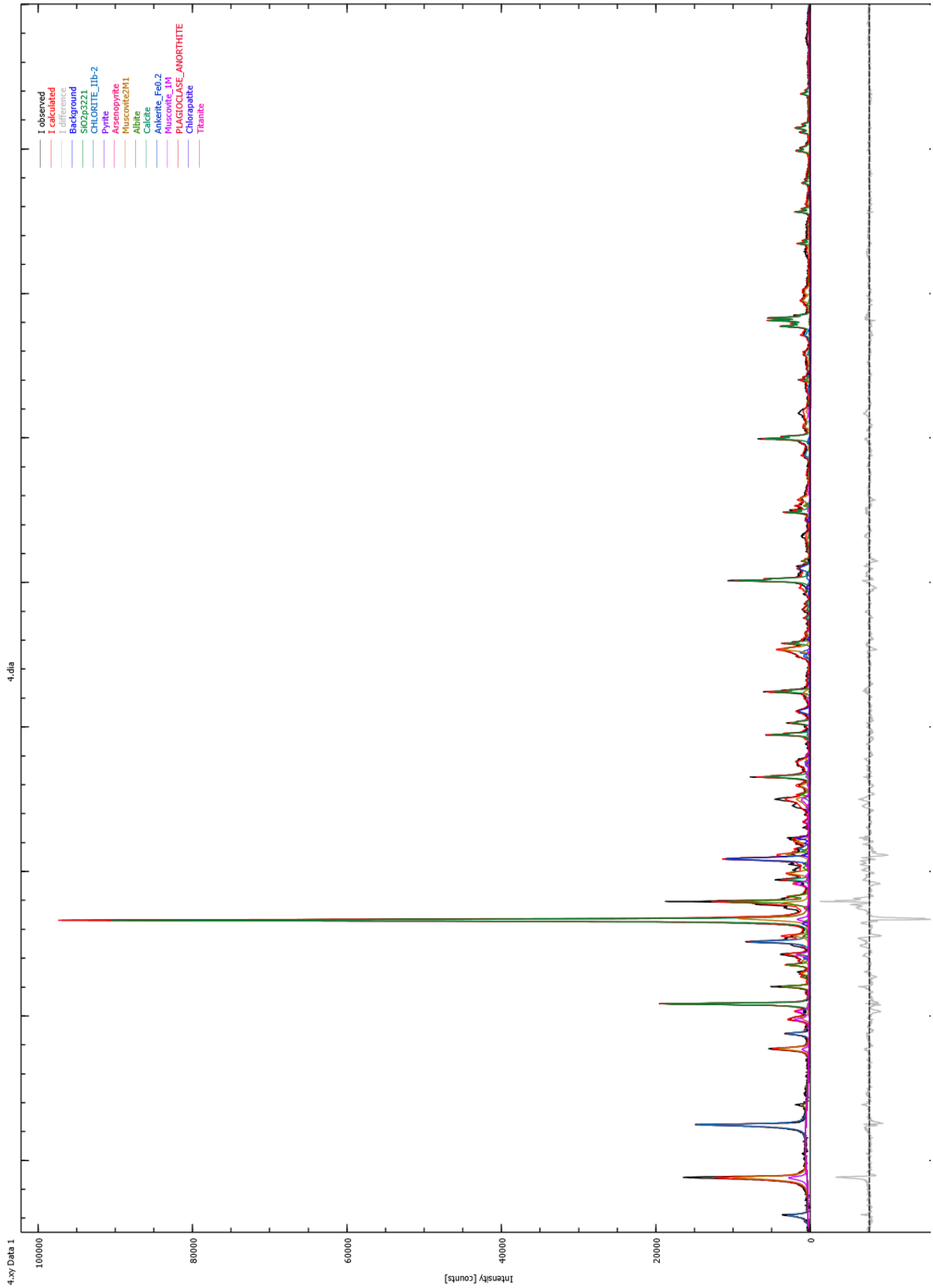


Рис. 3. Порошковая дифрактограмма образца хвостов флотации «Кокпатас»

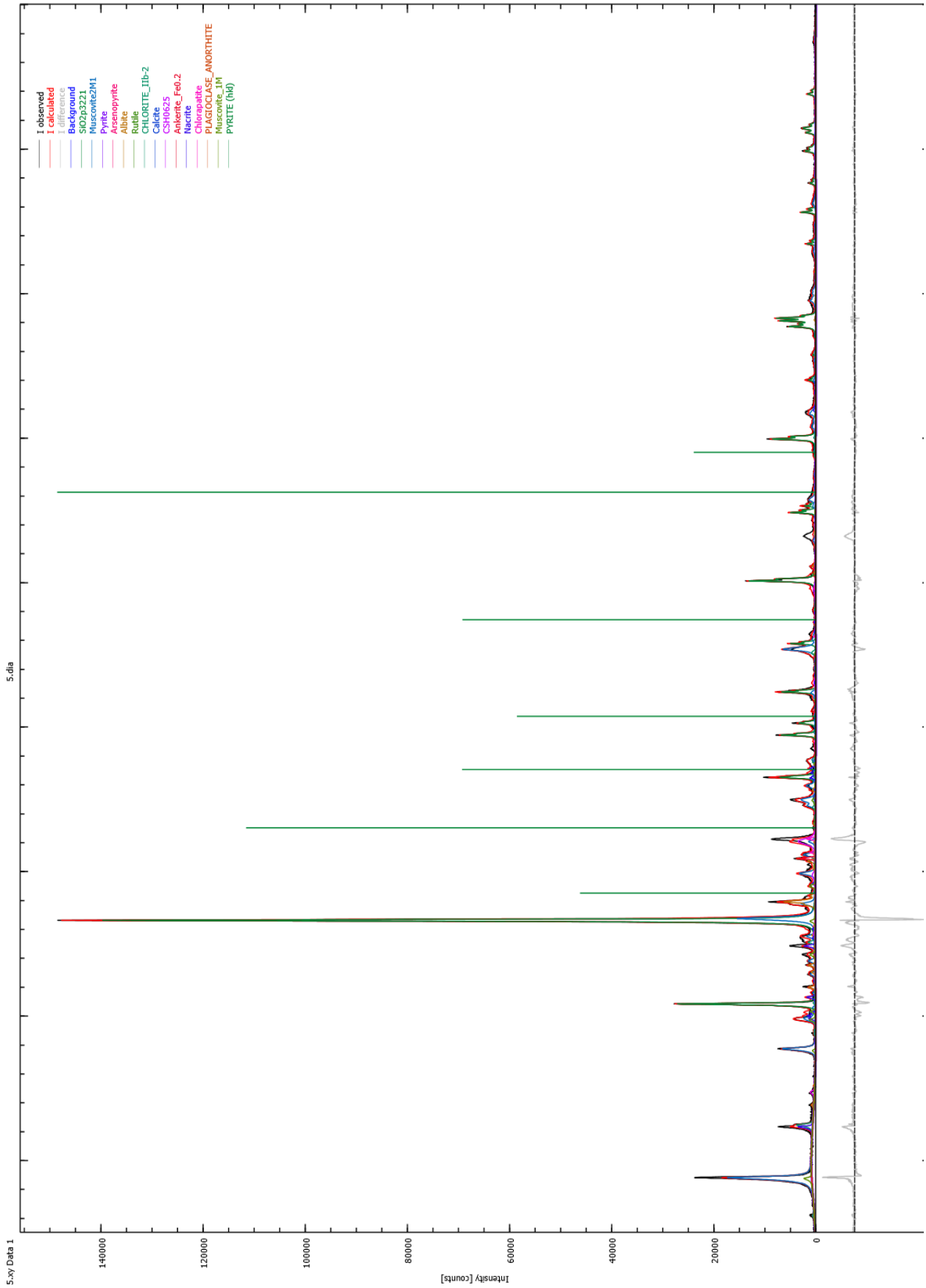


Рис. 4. Порошковая дифрактограмма образца хвостов флотации «Кокпатас»

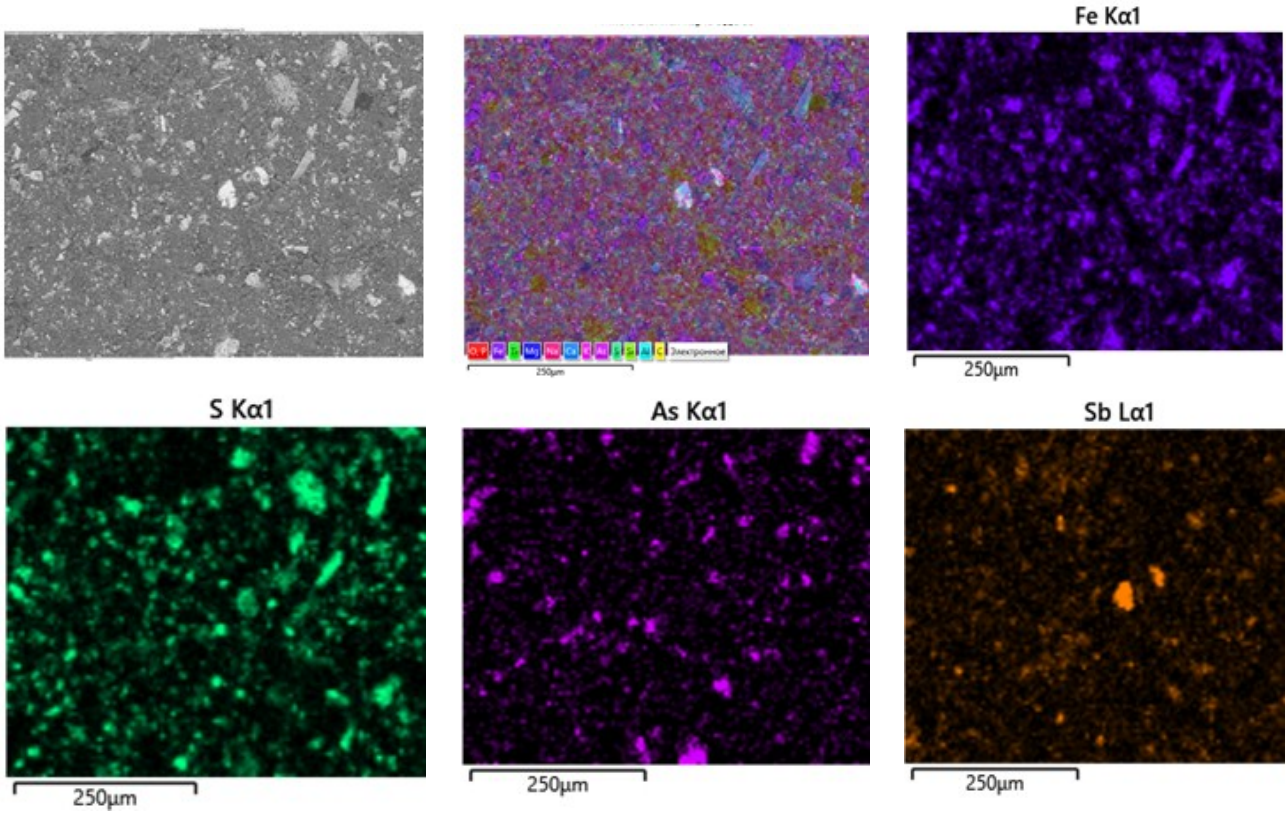


Рис. 5. Многоэлементная карта образца флотоконцентрата «Кокпатас» при 180-кратном увеличении

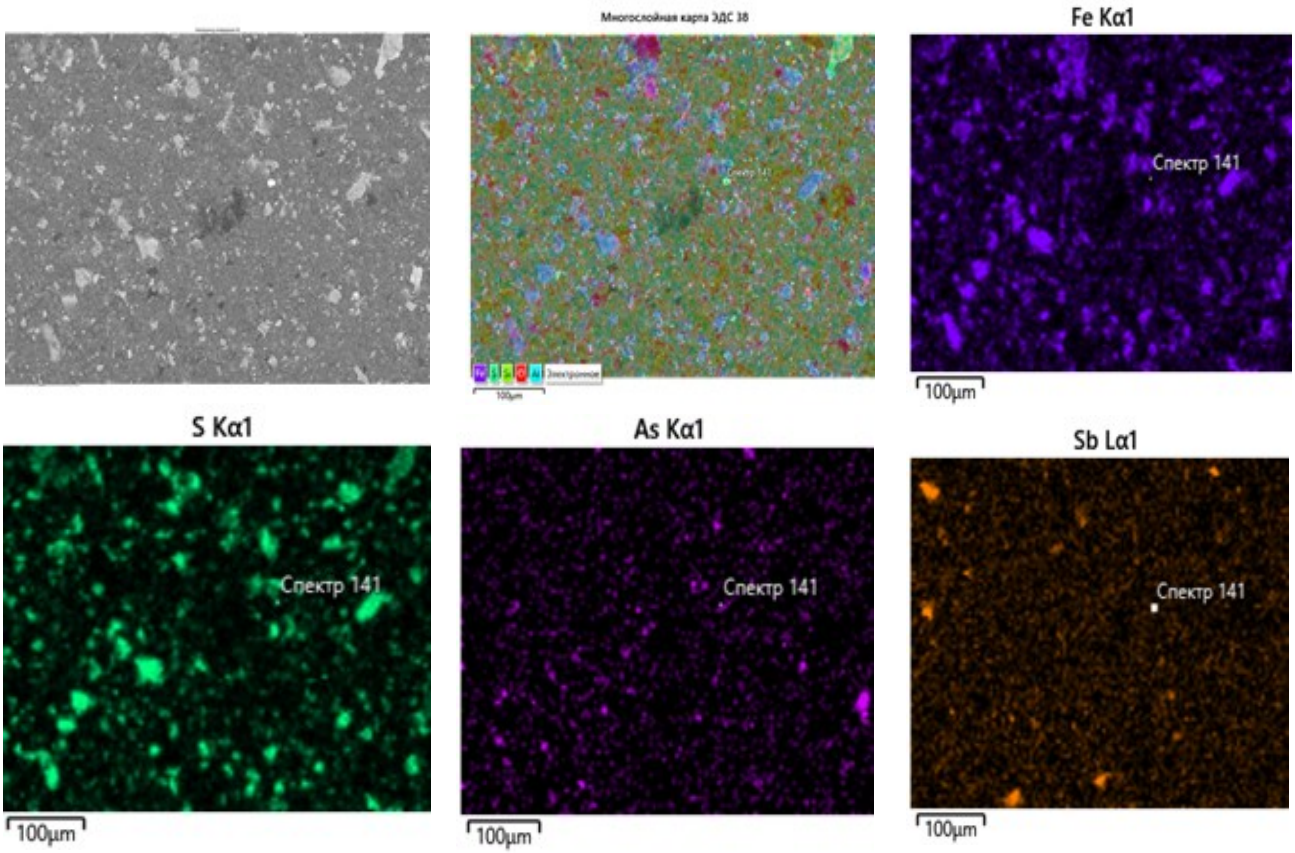


Рис. 6. Многоэлементная карта образца флотоконцентрата «Даугызтау» при 200-кратном увеличении

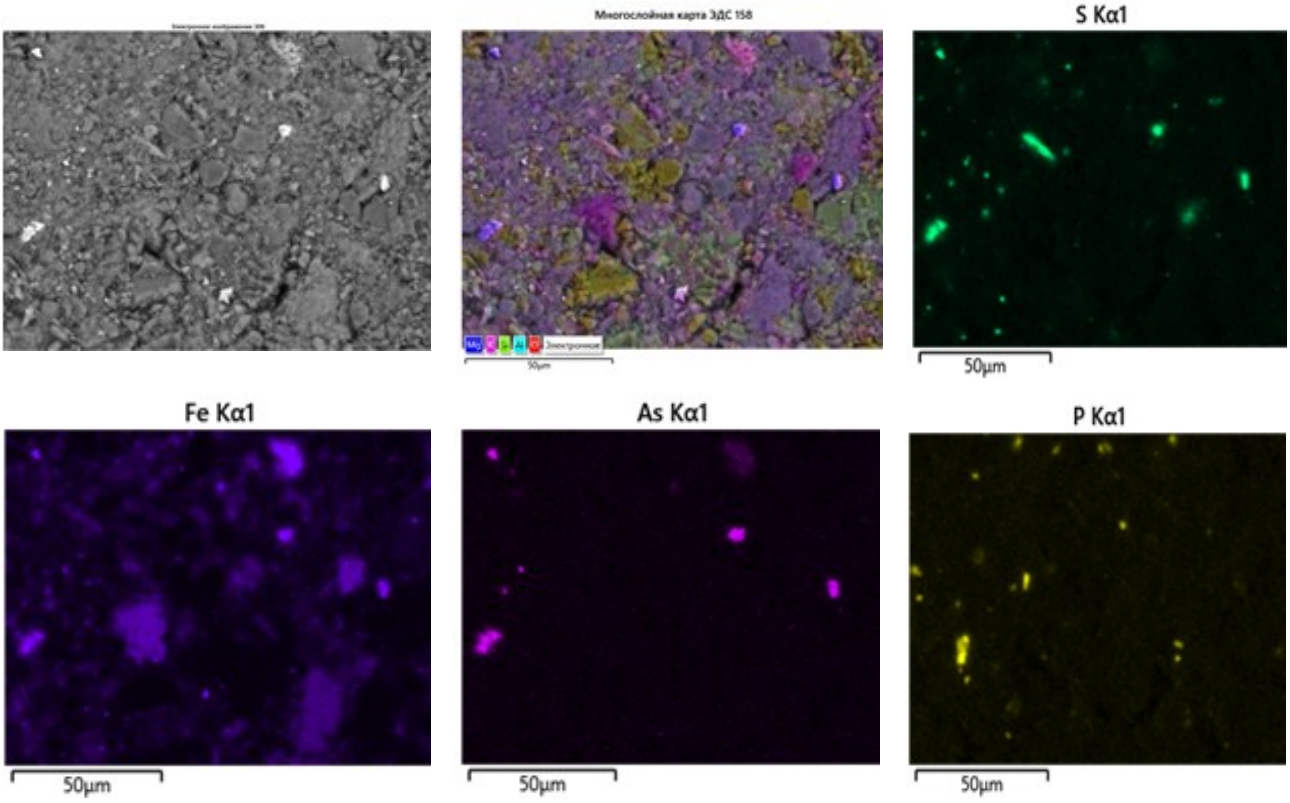


Рис. 7. Многоэлементная карта образца хвостов флотации «Кокпатас» при 812-кратном увеличении

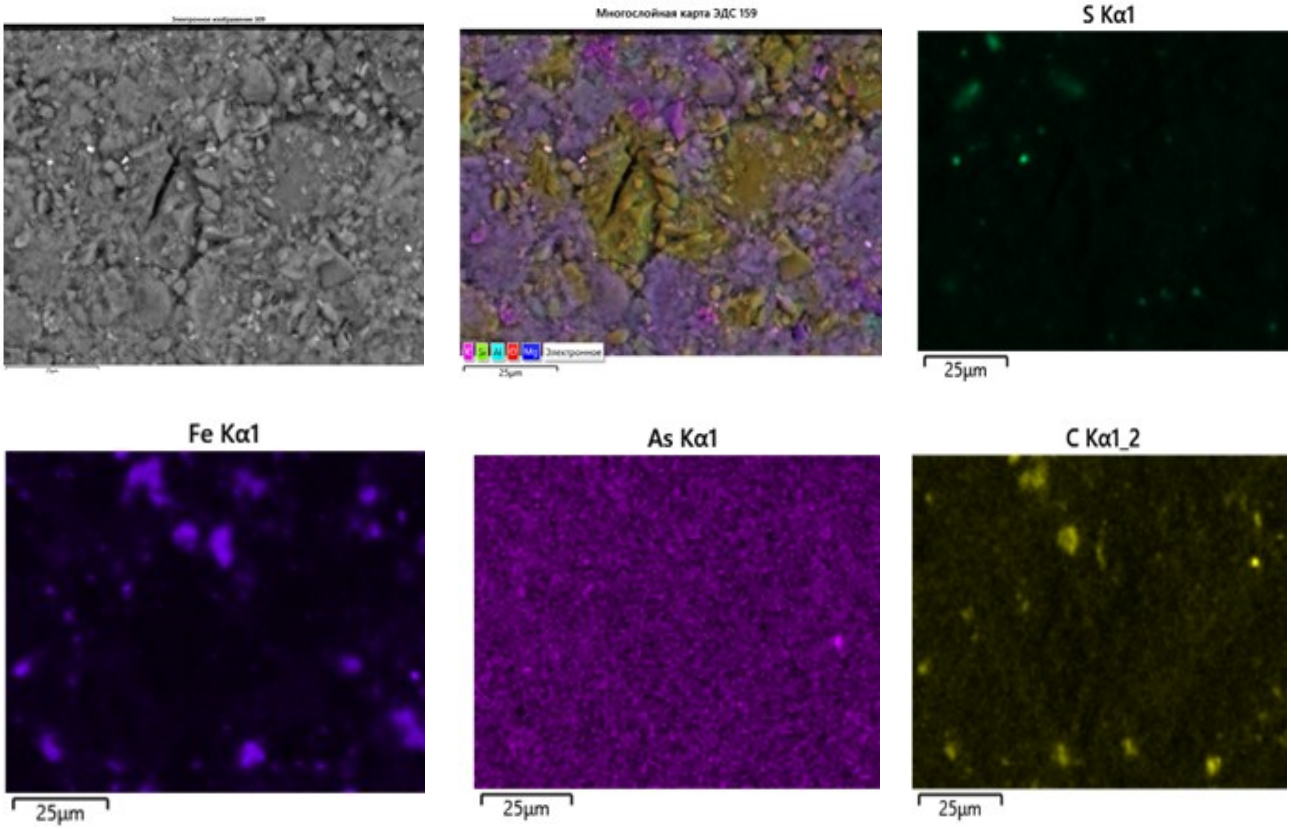


Рис. 8. Многоэлементная карта образца хвостов флотации «Даугызтау» при 1010-кратном увеличении

В образце наблюдается сигнал антимонита, но поскольку сигнал от сурьмы перекрывается с сигналом от кальция, анализ с использованием программного обеспечения показывает, что некоторые из этих частиц являются антимонитом, на электронном изображении они кажутся ярче, а другие – минералами кальция.

Также присутствуют сульфиды цинка – сфалерит и меди, элементарные карты показывают сигналы этих элементов, связанных с серой.

Хвосты флотации «Кокпатас». Многоэлементное картирование было выполнено на поверхности образца хвостов флотации «Кокпатас» при увеличении 812-крат, снимки которого представлены на *рис.* 7.

В образце хвостов флотации «Кокпатас» размеры частиц пирита и арсенопирита меньше 10 *мк*, и эта карта ясно показывает, что частицы пирита/арсенопирита размером менее 10 *микрон* остаются в хвостах.

Программа не смогла правильно рассчитать количество мышьяка, так как программа имеет определенный диапазон погрешности.

Поверхность образца полностью заполнена этими мелкими частицами пирита/арсенопирита, и это показывает, что многие очень мелкие частицы этих минералов не переходят во флотационный концентрат.

Хвосты флотации «Даугызтау». Многоэлементное картирование было выполнено на поверхности образца хвостов флотации «Даугызтау» при 1010-кратном увеличении, снимки которого указаны на *рис. 8*.

В образце хвостов флотации «Даугызтау» размеры частиц пирита и арсенопирита очень маленькие, и эта карта ясно показывает, что частицы пирита/арсенопирита размером менее 10 *микрон* остаются в хвостах.

От железа наблюдается много сигнала, но только частицы, связанные с серой, являются частицами пирита.

Количество мышьяка в образце очень низкое и по сравнению с хвостами флотации руды «Кокпатас» сигнал от мышьяка практически неизмерен.

Поверхность образца полностью заполнена мелкими частицами пирита / арсенопирита, и это показывает, что многие очень мелкие частицы не переходят во флотационный концентрат.

В образце имеется много карбонатов кальция, магния и железа.

Таким образом, комплексный сравнительный анализ концентратов и хвостов флотации руд «Кокпатас» и «Даугызтау» с использованием электронного микроскопа показал, что частицы пирита и арсенопирита размером 10 *мкм* и менее теряются в хвостах. Установлено, что мелкодисперсные, сульфидные частицы в количестве примерно 57% теряются хвостами и большинство этих частиц не флотируются.

Результаты исследований показали, что потеря мелкодисперсных сульфидных частиц при флотации руды «Кокпатас» больше, чем при флотации руды «Даугызтау» и количество теряемых мелкодисперсных сульфидных частиц имеет корреляцию с содержанием арсенопирита, которое объясняется тем, что арсенопирит имеет менее прочную структуру, чем пирит.

Библиографический список:

1. Kohmuench J.N., Mankosa M.J., Thanasekaran H., Hobert A. Improving coarse particle flotation using the HydroFloat (raising the trunk of the elephant curve) // Minerals Engineering. – Vol[ume 121, 2018, pp. 137-145.

2. Trahar W.J., Warren L.J., The flotability of very fine particles – a review // International Journal of Mineral Processing. – Volume 3. Issue 2, 1976, pp. 103-131.

3. Gaudin A.M., Schuhmann R., and Schlechten A.W. Flotation kinetics II. The effect of size on the behavior of galena particles // Journal of Physical Chemistry, 1942, 46:902-10.

4. Pease J.D., Curry D.C., Young M.F. Designing flotation circuits for high fines recovery // Minerals Engineering, Volume 19, Issues 6-8, 2006, pp. 831-840.

5. Saeed Farrokhpay, Daniel Fornasiero. Flotation of coarse composite particles: Effect of mineral liberation and phase distribution // Advanced Powder Technology, Volume 28, Issue 8, 2017, pp. 1849-1854.

6. Wang W., and Fornasiero D. Flotation of composite synthetic particles, in: Proceedings of the 25th International Mineral Processing Congress, 2010, 2503-11. Carlton Victoria: AusIMM.

7. Zongfu Dai, Daniel Fornasiero, John Ralston. Particle – bubble collision models – a review // Advances in Colloid and Interface Science. – Volume 85, Issues 2-3, 2000, pp. 231-256.

8. Gontijo C.D.F., Fornasiero D., and Ralston J. The limits of fine and coarse particle flotation // Canadian Journal of Chemical Engineering, 2007. 85 (5):739-47.

9. Sutherland K.L. Physical chemistry of flotation XI. Kinetics of the flotation process // Journal of Physical and Colloid Chemistry, 1948, 52:394-425.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 3 (94) pp. 52-61

INVESTIGATION OF DISTRIBUTION OF DISPERSED SULPHIDE PARTICLES DURING FLOTATION OF GOLD-BEARING ORES OF THE KOKPATAS AND DAUGYZTAU DEPOSITS

[1]***Sanakulov K.,*** *General Director - Chairman of the Board, Doctor of Technical Sciences, Professor.*
[2]***Hamidov Kh.I.,*** *Professor of the Department of Metallurgy, DSc.*
[1]***Ashurov O.T.,*** *Chief Technologist of Northern Mining Administration.*
[2]***Fuzailov O.U.,*** *Associate Professor, Department of Metallurgy, PhD.*

[1]***JSC "NMMC". Navoi, Uzbekistan.***
[2]***Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan.***

This article presents an analysis of the products of the flotation process, showing the distribution of dispersed sulfide particles in the products, as well as an assessment of the loss of fine sulphide particles in the tailings of flotation of ores from deposits "Kokpatas" and "Daugyztau". It is established that fine sulphide particles up to 4-6% do not pass into flotation concentrate, and that they are non-flotated. The results of research showed that fine sulphide particles of deposit "Kokpatas" are flotated less than deposits "Daugyztau", it is explained by the fact that fine particles of deposit "Daugyztau" are embedded in natural carbon, which is flotated without any obstacles.

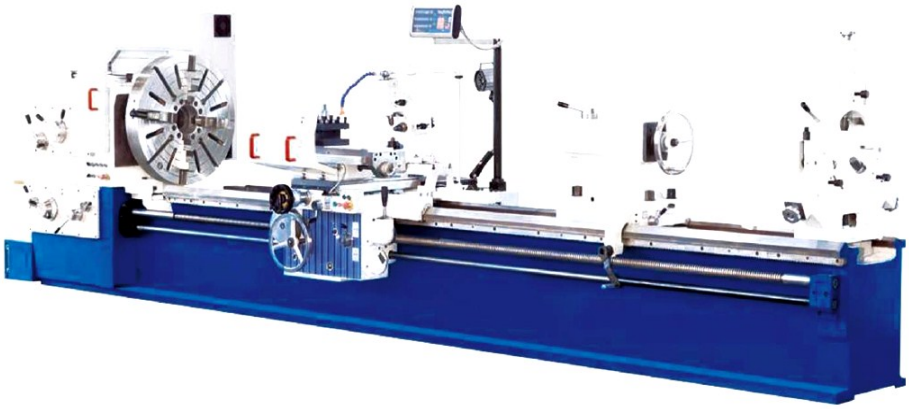
Keywords: *flotation, losses of fine sulphide particles, mineralogical analysis, flotation tailings, pyrite, aresenopyrite, research, X-ray diffraction analysis, abrasion, pulp.*

References:

1. Kohmuench J.N., Mankosa M.J., Thanasekaran H., Hobert A. Improving coarse particle flotation using the HydroFloat (raising the trunk of the elephant curve) // Minerals Engineering. – Vol[ume 121, 2018, pp. 137-145.
2. Trahar W.J., Warren L.J., The flotability of very fine particles – a review // International Journal of Mineral Processing. – Volume 3. Issue 2, 1976, pp. 103-131.
3. Gaudin A.M., Schuhmann R., and Schlechten A.W. Flotation kinetics II. The effect of size on the behavior of galena particles // Journal of Physical Chemistry, 1942, 46:902-10.
4. Pease J.D., Curry D.C., Young M.F. Designing flotation circuits for high fines recovery // Minerals Engineering, Volume 19, Issues 6-8, 2006, pp. 831-840.
5. Saeed Farrokhpay, Daniel Fornasiero. Flotation of coarse composite particles: Effect of mineral liberation and phase distribution // Advanced Powder Technology, Volume 28, Issue 8, 2017, pp. 1849-1854.
6. Wang W., and Fornasiero D. Flotation of composite synthetic particles, in: Proceedings of the 25th International Mineral Processing Congress, 2010, 2503-11. Carlton Victoria: AusIMM.
7. Zongfu Dai, Daniel Fornasiero, John Ralston. Particle – bubble collision models – a review // Advances in Colloid and Interface Science. – Volume 85, Issues 2-3, 2000, pp. 231-256.
8. Gontijo C.D.F., Fornasiero D., and Ralston J. The limits of fine and coarse particle flotation // Canadian Journal of Chemical Engineering, 2007. 85 (5):739-47.
9. Sutherland K.L. Physical chemistry of flotation XI. Kinetics of the flotation process // Journal of Physical and Colloid Chemistry, 1948, 52:394-425.

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

УДК 669.131.2 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.015

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗНОСОСТОЙКИХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

Ахмедов Х.И.,
заведующий кафедрой
«Технология машиностроения» НГГТУ,
к.т.н., доцент

Барановский К.Э.,
доцент кафедры
«Металлургия чёрных и цветных сплавов»,
БНТУ (Беларусь),
к.т.н.

Жумаев А.А.,
доцент кафедры
«Технология машиностроения» НГГТУ,
PhD

Yeyilishga bardoshli oq cho'yanlardan maxsus namunalar tayyorlanib, qotishmaninng mexanik xossalari tadqiq qilingan. Shunigdek, OLYMPUS BX53 mikroskop yordamida mikrostrukturaviy tahlil qilingan. Yeyilishga bardoshlo oq cho'yanlarning 300Х32Н2М2ТЛ, 280Х29НЛ ва 330Х17Л markalari misolida qotishmalarning metal asosi va karbid fazalarining qattiqlilari o'rganilgan va taqqoslangan. Qotishmalarning quyib olish texnologiyasini optimallashtirish natijasida, xususan, quyma sovutgichlardan foydalanish natijasida strukturada shakllangan karbidlar yo'nalishi o'rganilgan.

Tayanch iboralar: *yeyilishga bardoshli oq cho'yan, karbid faza, yuqori legirlangan cho'yan, abraziv yeyilish, xromli cho'yan, struktura, kimyoviy tarkib, mikrostruktura, yeyilishga bardoshlilik, qattiqlik, kristallanish, mikroqattiqlik.*

Изготовлены специальные образцы коррозионностойкого белого чугуна и исследованы механические свойства сплава. А так же проведён микроструктурный анализ с использованием микроскопа OLYMPUS BX53. Изучено и проведено сравнение твёрдости металлической основы и карбидных фаз сплавов на примере износостойкого белого чугуна марок 300Х32Н2М2ТЛ, 280Х29НЛ и 330Х17Л. В результате оптимизации технологии литья сплавов, в частности, в результате применения литейных холодильников изучено направление карбидных фаз в структуре.

Ключевые слова: *износостойкий белый чугун, карбидная фаза, высоколегированный чугун, абразивный износ, хромистый чугун, структура, химический состав, микроструктура, износостойкость, твёрдость, кристаллизация, микротвёрдость.*

Сегодня одной из важнейших мировых задач является повышение экономической эффективности деталей, полученных литьём из белых чугунов за счёт увеличения их эксплуатационных и механических 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 износостойкого белого чугуна; оптимизация процессов литья белого чугуна; необходимость разработки новых оптимальных методов термической обработки [1-2].

На металлургических предприятиях развитых стран мировой чёрной металлургии проводится ряд научно-исследовательских работ по получению качественных отливок из износостойких белых чугунов, в частности, износостойких хромистых чугунов.

США, Россия, Германия, Великобритания, Канада, Бразилия, Япония, Австралия, Украина, Польша, Индия, Китай, Беларусь, Иран, Мексика и другие страны являются ведущими производителями белых чугунов, выпуская 60-70% деталей от общемирового количества.

В связи с ежегодным увеличением производства белого чугуна, увеличением спроса на качество деталей из износостойкого белого чугуна, было важно создать и внедрить технологию получения литых деталей из качественного белого чугуна с более низкой себестоимостью за счёт ресурсосбережения [3-4].

После обретения независимости в Республике предпринимаются комплексные меры по развитию металлургической и горнодобывающей промышленности, а также производства импортозамещающих деталей из износостойкого чугуна [5].

Современные белые износостойкие чугуны – сложнолегированные многокомпонентные сплавы с большим разнообразием структуры и широким диапазоном свойств. Карбидная фаза, формирующаяся при затвердевании отливки, определяет служебные свойства белых износостойких чугунов, однако она же создает значительные трудности в производстве и эксплуатации этих сплавов. Параметры затвердевания белых легированных чугунов влияют на эксплуатационные свойства в значительно большей степени, чем в других литейных сплавах. Поэтому определение рациональных технологических приёмов изготовления отливок из белых износостойких чугунов имеет столь же важное значение, что и выбор состава сплава. Основная служебная характеристика белых чугунов, определяющая их всевозрастающее применение – высокая твёрдость и стойкость в условиях абразивного изнашивания [6-7].

С каждым годом ужесточаются условия эксплуатации машин, которые работают в абразивных и гидроабразивных средах. В этой связи, повышаются требования к материалам, из которых изготавливают литые детали таких машин и механизмов.

Не до конца решённым остаётся вопрос выбора материалов и для изготовления литых деталей центробежных дробилок, колес, крышек и корпусов багорных, песковых и шламовых насосов, импеллеров флотационных машин и деталей иного оборудования обогатительных фабрик, шаровых мельниц, лопаток дробеметных аппаратов и др.

В настоящее время в литейном производстве Навоийского машиностроительного завода изготавливается более 120 *т* в месяц литых отливок из высокохромистого белого чугуна.

Задача по повышению износостойкости деталей из хромистых чугунов является комплексной и включает в себя выбор состава износостойкого чугуна в зависимости от условий эксплуатации детали, определение технологических параметров литья, разработку оптимального режима литья. Параметры кристаллизации хромистых чугунов влияют на эксплуатационные свойства в значительно большей степени. Увеличение скорости охлаждения расплава в процессе кристаллизации и использование возможностей направленной кристаллизации изменяют параметры структурных составляющих, в частности, для чугунов это относится к таким параметрам, как размер и взаимное расположение карбидных структурных составляющих. Поэтому определение рациональной технологии изготовления отливок из хромистых чугунов имеет такое же важное значение, что и выбор состава сплава. Дело в том, что состав металлических систем определяет их структуру, которая, в свою очередь, определяет свойства сплавов [8-9].

Методы исследования и использованные материалы. В качестве исследуемого материала были выбраны износостойкие белые чугуны 280Х29НЛ, 300Х32М2Н2ТЛ и 330Х17Л. Данные чугуны применяются для отливок горно-обогатительного оборудования, работающего в условиях интенсивного абразивного износа (питающие диски, подложки, плит для дробилок) [20-22].

Образцы отливали в песчано-металлические формы для определения механических свойств коррозионно-стойкого белого чугуна (*рис. 1*).

Для определения механических свойств образцов сплава использовали электроразрядный станок ДМ 80 Cormak, применяемый на Навоийском машиностроительном заводе АО «НГМК», изготавливаемый в США на основании ГОСТ 1497-84.

Для проведения исследований отлиты образцы (*рис. 2*) из белых износостойких чугунов марки 280Х29НЛ и 300Х32Н2М2ТЛ и 330Х17Л на индукционной печи ИЧТ-2,5 (пр-во Россия).

Для выявления структуры, образцы подвергнуты травлению реактивом следующего состава: 15 *мл* азотной кислоты, 15 *мл* соляной кислоты и 15 *мл* глицерина. Время травления 10 *мин*, при температуре реактива 60ºС.

Микроструктуры образцов изучали на микроскопе марке OLYMPUS BX53. Для измерения твёрдости по HRC использовался твердомер ТК-2М, для измерения твёрдости по HV использовался твердомер ПМТ – 3М.

Химический состав отливок, приготовленных в промышленных условиях, определён эмиссионным спектральным методом на приборе Spectro-Lab –M (пр-во Германия).

Микрошлифы подготовили на шлифовально-полировальном станке «НЕРИС» (пр-во Латвия). Для шлифовки образцов применены шлифовальные шкурки зернистостью от 180 до 1500 *мкм*. Полировка поверхности микрошлифов произведена с помощью алмазной пасты ASM зернистостью 1/0, 2/1 и 3/2.

Образцы чугунов для испытаний отливали в земляные формы. Износостойкость изучали в режиме сухого трения. Хромистый чугун 330Х17Л был выбран как наиболее распространённый износостойкий чугун в Республике Узбекистан. Комплексно-легированный никелем, молибденом и титаном чугун 300Х32Н2М2ТЛ обладает оптимальными механическими свойствами, хорошо зарекомендовал себя в горнорудной промышленности, в частности, при изготовлении детали «наковальня» дробилки модели KEV 96. Легированный никелем чугун 280Х29НЛ обладает хорошими механическими свойствами, хорошо зарекомендовал себя в горнорудной промышленности, при изготовлении детали «наковальня» дробилки модели KEV 96.

Для изготовления сплавов использовали индукционную печь объёмом 2,5 *т*, шихтовый материалы следующего состава: чушковый чугун в количестве 400 *кг*, феррохром (марка ФХ 100А) 300 *кг*, никель – от 1 до 2 *кг* в зависимости от состава конечного сплава, ферромарганец – от 3 до 5 *кг* и электробой до 5 *кг*. Температура плавки составила 1400ºС. Выбранная температура превышает температуру полного перехода сплава в жидкое состояние на 150 – 200ºС. Температура литья составила 1380ºС, которая выбрана на основании практики литья и с целью снижения объёма полной литейной усадки.

Скорость охлаждения сплавов при литье в землю составила 100ºС / *мин*, при литье в металлическую изложницу 235ºС / *мин*.

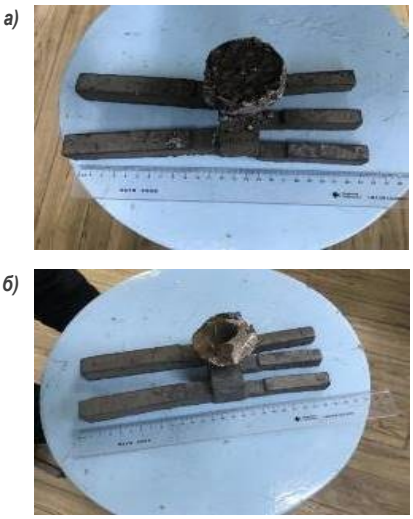


Рис. 1. Образцы, приготовленные для определения механических свойств коррозионно-стойкого белого чугуна: *а – отлит в песчаной форме; б – отлит в металлической форме*

Рис. 2. Образцы белых износостойких чугунов: *1 – 280Х29НЛ; 2 – 300Х32Н2М2ТЛ; 3 – 330Х17Л*

Таблица 1

Составы чугунов, предназначенных для изготовления наковальни

№	Марка чугуна	Содержание химических элементов, % по массе							
		C	Si	Cr	Mo	Ni	Ti	P	S
1.	330Х17Л	3,40	0,6	16,5	0,5	0,6	-	≤ 0,01	≤ 0,01
2.	300Х32Н2М2ТЛ	2,60	≤ 2,0	32,0	1,7	0,6	2,2	≤ 0,1	≤ 0,1
3.	280Х29НЛ	2,55	≤ 1,5	28,0	-	0,6	1	≤ 0,1	≤ 0,1

Таблица 3

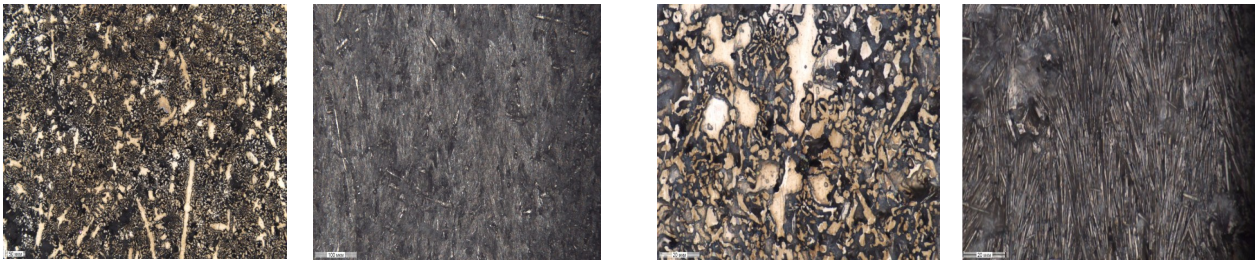
Относительная износостойкость хромистого чугуна 330Х17Л (литье в земляные формы и кокиль)

Марка чугуна	330Х17Л (литье в земляные формы)	330Х17Л (литье в металлические формы)
Твердость на поверхности в литом состоянии HRC	46-47	58-62
Твердость в сердцевине в литом состоянии HRC	43-44	54-55

Таблица 2

Относительная износостойкость и механические свойства хромистых чугунов (литье в земляные формы)

Марка чугуна	300Х32Н2М2ТЛ	330Х17Л	280Х29НЛ
Твердость на поверхности в литом состоянии HRC	58-61	57-62	46-47
Твердость в сердцевине в литом состоянии HRC	52-53	47-48	40-41



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 3. Структура чугуна 330Х17Л: *а) литьё в земляную форму, х200; б) литьё в металлическую форму, ×200; в) литьё в земляную форму, ×1000; г) литьё в металлическую форму, ×1000*

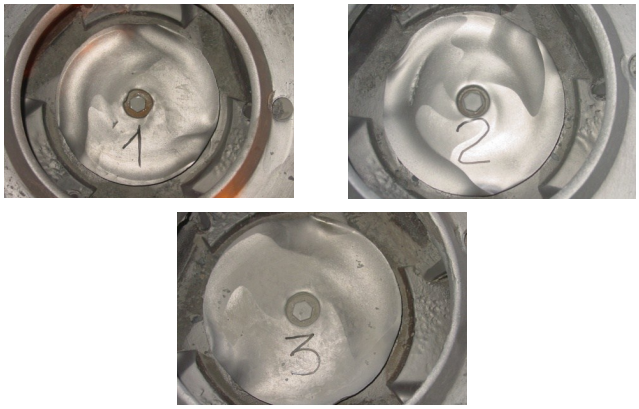


Рис. 4. Внешний вид после эксплуатации питающих дисков

Рафинирование сплавов не проводили, очистку поверхности расплава от шлаков проводили в течение 5-10 *мин* после снижения температуры расплава до температуры литья. Механические свойства сплавов определяли по ГОСТ 1497-84. Структуру сплавов изучали на микроскопе марки OLYMPUS BX53 при увеличениях ×200, ×1000.

Результаты исследования и их анализ. С целью сопоставительного анализа характеристик чугунов разных марок, предназначенных для изготовления детали «наковальня», была определена твёрдость готовой детали. Результаты испытаний на твёрдость HRC приведены в *табл. 2*. При этом, твёрдость по Роквеллу была определена на поверхности и сердцевине детали, поскольку её габариты позволили предполагать наличие градиента скорости охлаждения по сечению детали в процессе кристаллизации.

Высокохромистый чугун 280Х29НЛ имеет меньшую износостойкость и твёрдость, чем 330Х17Л и 300Х32Н2М2ТЛ. Стоимость сплава 280Х29НЛ в 3 раза ниже стоимости сплава 330Х17Л, и в 4,5 раза ниже стоимости 300Х32Н2М2ТЛ, но уступает по износостойкости и твёрдости. Из этого следует, что для получения деталей с хорошей износостойкостью и твёрдостью небходимо выбрать оптимальный режим литья и т. д.

Наиболее перспективной технологией, позволяющей повысить эксплуатационные характеристики деталей из износостойких чугунов за счёт увеличения скорости охлаждения при кристаллизации (по сравнению с литьём в земляные формы), является метод литья в кокиль (металлические формы).

На *рис. 4* показаны структуры чугуна 330Х17Л отлитого в земляную (а) и металлическую (б) формы, а в *табл. 3* приведена относительная износостойкость этого сплава, полученного в разных литейных формах. Структура при литье в металлические формы измельчается в 2,5-3 раза.

На образцах отлитых в кокиль наблюдается повышение износостойкости на 20–30% и твёрдости до 55 HRC по сравнению с образцами отлитыми в земляные формы.

Дальнейшее увеличение износостойкости деталей из хромистых чугунов, полученных в металлических формах, возможно за счёт выбора оптимальных режимов литья.

Известно, что на процесс формирования отливки в кокиль сильное влияние оказывают такие параметры литья, как температура заливаемого расплава и время заполнения формы расплавом (*рис. 3*). Изменяя эти параметры, можно воздействовать на формирование структуры отливки и, как следствие, на износостойкость получаемых деталей. Изучение влияния этих параметров проводили при изготовлении отливок «питающий диск» (отливка массой 35 *кг*).

Расплав одного и того же состава заливали в формы при температурах 1450, 1500 и 1550°С. Время заполнения формы составляло 13 ± 1 *с*. Применяли заливку сверху.

Для проведения испытания на износостойкость на месте работы дробилки модели KEV 96, из деталей вырезали образцы. В образцах испытывали верхнюю (рабочую) часть. На *рис. 4* показана деталь «питающий диск» дробилки модели KEV 96 и образцы для испытаний.

Испытания в лабораторных условиях показали, что легирование хромом резко увеличивает износостойкость. Чугун, дополнительно легированный никелем, имел ту же износостойкость, что и чугун базового состава. При литье чугуна, легированного хромом, угар этого элемента составил 50%, а сплав имел низкую жидкотекучесть. В *табл. 3* показана твёрдость поверхности отливок, легированных хромом и никелем, а также микротвёрдость металлической матрицы.

Для определения износостойкости деталей, отлитых в земляную форму и кокиль были проведены испытания в ПО «НМЗ» АО «НГМК». Исследование износостойкости белых хромистых чугунов 280Х29НЛ, 300Х32Н2М2ТЛ и 330Х17Л показало, что наиболее распространенный в ПО «НМЗ» АО «НГМК» чугун 280Х29НЛ, уступает по твёрдости и износостойкости чугунам 330Х17Л, 300Х32Н2М2ТЛ. Увеличение износостойкости и снижение стоимости литья (по сравнению с литьём в земляные формы) возможно за счёт использования экономнолегированного чугуна 330Х17Л и применения металлических литейных форм.

Предлагается при производстве деталей использовать чугун марки 330Х17Л.

Авторы статьи выражают благодарность руководству БНТУ (Минск, Беларусь) за помощь в проведении исследований, результаты которых приведены в данной статье.

Библиографический список:

1. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны: свойства, структура, технология, эксплуатация. – М.: Машиностроение, 2010. – 280 с.

2. Жумаев А.А., Барановский К.Э., Мансуров Ю.Н., Ахмедов Х.И. Результаты исследования структуры отливок из белых износостойких чугунов // Чёрные металлы. – № 2 (1082). – Москва, 2022. – С. 4-10.

3. Shamelkhanova N.A., Uskenbayeva A.M., Volochko A.T., Korolyov S.P. The Study of the Role of Fullerene Black Additive During the Modification of Ductile Cast Iron // Materials Science Forum. – Switzerland, 2017. – Vol. 891, pp. 235-241.

4. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Маматкулов Дж.Дж., Абдуллаев К.С. Фазовые превращения в сплавах железа с углеродом, легированных редкоземельными и переходными металлами // Чёрные металлы. – № 11 (1067). – Москва, 2020. – С. 22-29.

5. Барановский К.Э., Мансуров Ю.Н., Жумаев А.А., Улугов Г.Д. Повышение ресурса работы деталей центробежных дробилок «CEMKO KEV 96» за счет ускоренного охлаждения отливок // Сборник трудов XV Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительство и энергетики. – Том 1. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 72-75.

6. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Маматкулов Дж.Дж., Улугов Г.Д. Оптимизация состава и структуры износостойких белых чугунов, используемых в горнодобывающей промышленности // Чёрные металлы. – № 12 (1068). – Москва: Руда и металлы, 2020. – С. 4-10.

7. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Ахмедова Т.Ш., Пережогин В.Ю. Информативность морфологии структур твердых сплавов для прогноза качества наплавок // Цветные металлы, 2017. – № 12. – С. 78-83.

8. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Куликов В.Ю., Ахмедов Х.И. Легирование чугунов марок 280Х29НЛ и 330Х17Л с целью повышения их качества // Чёрные металлы. – № 2 (1094). – Москва, 2023. – С. 4-9.

9. Abdel-Aziz Kh., El-Shennawy M., Adel A. Omar. Microstructural characteristics and mechanical properties of heat-treated high chromium white cast iron alloys. International Journal of Applied Engineering Research. – Vol. 12. Number 14. –The USA. (2017), pp. 4675-4686.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 3 (94) pp. 62-65

RESULTS OF COMPARATIVE STUDIES WEAR-RESISTANT WHITE CAST IRON

[1]***Akhmedov Kh.I.,*** *Head of the Department of Technology of Mechanical Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.*
[2]***Baranovsky K.E.,*** *Associate Professor of the Department "Metallurgy of Ferrous and Non-ferrous Alloys", Ph.D.*
[3]***Zhumaev A.A.,*** *Associate Professor of the Department of Technology of Mechanical Engineering, PhD.*

[1]***Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan.***
[2]***Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, BNTU (Belarus),***

Special samples of corrosion-resistant white cast iron were prepared and the mechanical properties of the alloy were investigated. Microstructural analysis was carried out using OLYMPUS BX53 microscope. The hardness of the metal substrate and carbide phases of alloys has been studied and compared with that of wear -resistant white cast iron of 300Х32Н2М2ТЛ, 280Х29НЛ and 330Х17Л grades. The orientation of carbide phases in the structure has been studied as a result of optimisation of casting technology of alloys, in particular, as a result of application of casting coolers.

Keywords: wear-resistant white cast iron, carbide phase, high-alloyed cast iron, abrasive wear, chromium cast iron, structure, chemical composition, microstructure, wear resistance, hardness, crystallisation, microhardness.

References:

Garber M.E. Wear-resistant white cast irons: properties, structure, technology, operation. – M.: Mashinostroenie, 2010. – 280 p.

Zhumaev A.A., Baranovsky K.E., Mansurov Yu.N., Akhmedov Kh.I. Results of the study of the structure of castings from white wear-resistant cast irons // Chernye Metally. – No. 2 (1082). – Moscow, 2022, pp. 4-10.

Shamelkhanova N.A., Uskenbayeva A.M., Volochko A.T., Korolyov S.P. The Study of the Role of Fullerene Black Additive During the Modification of Ductile Cast Iron // Materials Science Forum. – Switzerland, 2017. – Vol. 891, pp. 235-241.

4. Zhumaev A.A., Mansurov Yu.N., Mamatkulov J.J., Abdullaev K.S. Phase transformations in iron-carbon alloys alloyed with rare-earth and transition metals // Chernye metally. – No. 11 (1067). – Moscow, 2020, pp. 22-29.

5. Baranovsky K.E., Mansurov Yu.N., Zhumaev A.A., Ulugov G.D. Increasing the service life of parts of centrifugal crushers «CEMKO KEV 96» due to accelerated cooling of castings // Proceedings of the XV International Conference on Mining, Construction and Energy. – Volume 1. – Minsk: BNTU, 2019, pp. 72-75.

6. Zhumaev A.A., Mansurov Yu.N., Mamatkulov J.J., Ulugov G.D. Optimization of the composition and structure of wear-resistant white cast irons used in the mining industry // Chernye Metally. – No. 12 (1068). – Moscow, 2020, pp. 4-10.

7. Kudrya A.V., Sokolovskaya E.A., Akhmedova T.Sh., Perezhogin V.Yu. Informativity of the morphology of hard alloy structures for predicting the quality of surfacing // Non-ferrous metals, 2017. – No. 12, pp. 78-83.

8. Zhumaev A.A., Mansurov Yu.N., Kulikov V.Yu., Akhmedov Kh.I. Alloying of cast iron grades 280Kh29NL and 330Kh17L in order to improve their quality // Chernye Metally. – No. 2 (1094). – Moscow, 2023, pp. 4-9.

9. Abdel-Aziz Kh., El-Shennawy M., Adel A. Omar. Microstructural characteristics and mechanical properties of heat-treated high chromium white cast iron alloys. International Journal of Applied Engineering Research. – Vol. 12. – No. 14. –The USA. (2017), pp. 4675-4686.

УДК 622.1:528.5.520.6
DOI:10.54073/GV.2023.3.94.016

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЦЕССОМ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ ПРОХОДЧЕСКОГО МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Саййидкосимов С.С.,
профессор кафедры
«Маркшейдерское дело и
геодезия» ТГТУ им. И. Каримова,
DSc

Хакимов А.М.,
докторант кафедры
«Маркшейдерское дело и
геодезия» ТГТУ им. И. Каримова

Ushbu maqolada «Toshkent metropoliteni» Yunusobod ikkinchi liniyasining yer osti qurilishi sohasida tuproq yukli qalqon «Herrenknecht» tonnel qurish majmuasining eng yangi yer osti lazerli navigatsiya tizimining innovatsion texnologiyalarini joriy etish va SLS-SL navigatsiya tizimining electron taxeometridan foydalanish hamda bu qalqonning trassadagi aniq o'rni nuqtalari koordinatalarini va qalqonning o'qi va uning koordinata tekisliklaridagi proyeksiyalari orasidagi moyillik burchaklarini aniqlash orqali geodezik-marksheyderlik o'lchash tadqiqotlari paytida nazorat qilish masalalari yoritilgan. Tonnel qurish majmuasining loyiha trassa marshruti bo'ylab harakatlanayotganda SLS-SL navigatsiya tizimiga kiruvchi electron taxeometrining marksheyderlik o'lchovlari jarayonidagi afzalliklari va kamchiliklari keltirilgan.

Tayanch iboralar: *yer osti navigatsiyasi, robotlashgan taheometr, prizma-qaytargich , lazer nuriga nishon, tonnel o'tish mehanizatsiyalashgan mashina, tuproq yukli qalqon , marksheyderlik nuqta uchun moslama, tyubing halqa, trassa, yer osti poligonometriyasi, gorizontal va balandlik yo'nalishi, tonnel o'qi.*

В данной статье рассматривается внедрение инновационных технологий новейшей подземной лазерный навигационной системы тоннелепроходческого комплекса с активным грунтовым пригрузом «Herrenknecht» в сфере подземного строительства второй Юнусабадской линии Ташкентского метрополитена и применение электронного тахеометра навигационной системы SLS-SL контролирующего точное положение щита в пространстве путём определения координаты его хвостовой точки и углов наклона между осью щита и её проекциями на координатные плоскости при геодезическо-маркшейдерских съёмках. Приведены преимущества и недостатки использования электронных тахеометров, позволяющих их эффективное использование в комплексных маркшейдерских измерениях при движении тоннелепроходческого комплекса по запроектированной трассе.

Ключевые слова: *подземная навигация, роботизированный тахеометр, призма-отражатель, лазерная мишень, тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК), щит с грунтопригрузом, консоль, тюбинговое кольцо, трасса, подземная полигонометрия, тенденция в плане и по высоте, ось тоннеля.*

С развитием технологий увеличивается и скорость производства работ и, как следствие, выдвигаются все новые более жёсткие требования к объёму и оперативности получения данных о происходящих в зоне подземных строительных работ. Применение современной техники и инновационных технологий возведения подземных сооружений предъявляет повышенные требования к маркшейдерско-геодезическому обеспечению строительных работ. Существуют тоннелепроходческие комплексы для сооружения тоннелей с монолитной прессбетонной обработкой стен, для проходки тоннелей в градостроительных условиях используются тоннелепроходческие механизированные комплексы на базе щитов с активным пригрузом забоя. Основная, головная, часть подземного комплекса представлена механизированным проходческим щитом с активным пригрузом забоя. Щиты с грунтопригрузом наиболее эффективны в неустойчивых связных грунтах. Неустойчивые водонасыщенные грунты с коэффициентом крепости менее 2 и гидростатическим давлением 0,1 *МПа* и более, сложенные супесями, песками, лёссами, суглинками, текуче-пластичными глинами, сланцами и валунно-галечниковыми отложениями, включая крупные валуны. Механизированный щит решает следующие проблемы: разработка породы в забое; крепление контура выработки и лба забоя; изоляция строительного зазора между обделкой и хвостовой оболочкой щита; выдача разработанного грунта из призабойной камеры и из зоны щита; обеспечение безопасного монтажа обделки. Щит состоит из трёх частей: 1) режущая передняя часть клиновидной формы, на первой части может быть козырек; 3) опорная средняя часть с домкратами; 2) хвостовая задняя часть. Длина ТПМК «Herrenknecht» + технологические тележки 120 *м*, вес ТПМК + технологическая тележка 610 *т*, теоретическая скорость проходки 100 *мм/мин*, уклон (макс.) (±) 3% , радиус кривой (миним.) 300 *м*. Принцип действия механизированных щитов с грунтовым пригрузом основан на создании противодавления на забой разработанным грунтом, находящимся в призабойной камере и передающим на лоб забоя усилие, создаваемое щитовыми домкратами. Отбор грунта из призабойной камеры в процессе передвижки щита производится дозированно за счёт регулирования производительности шнекового конвейера, в некоторых случаях, в находящийся в призабойной камере разработанный грунт вводятся различные добавки, обеспечивающие кондиционирование грунта, то есть придание ему большей пластичности и некоторых других свойств, позволяющих расширить диапазон применения щитов с грунтовым пригрузом. Выполненные по маркшейдерско-

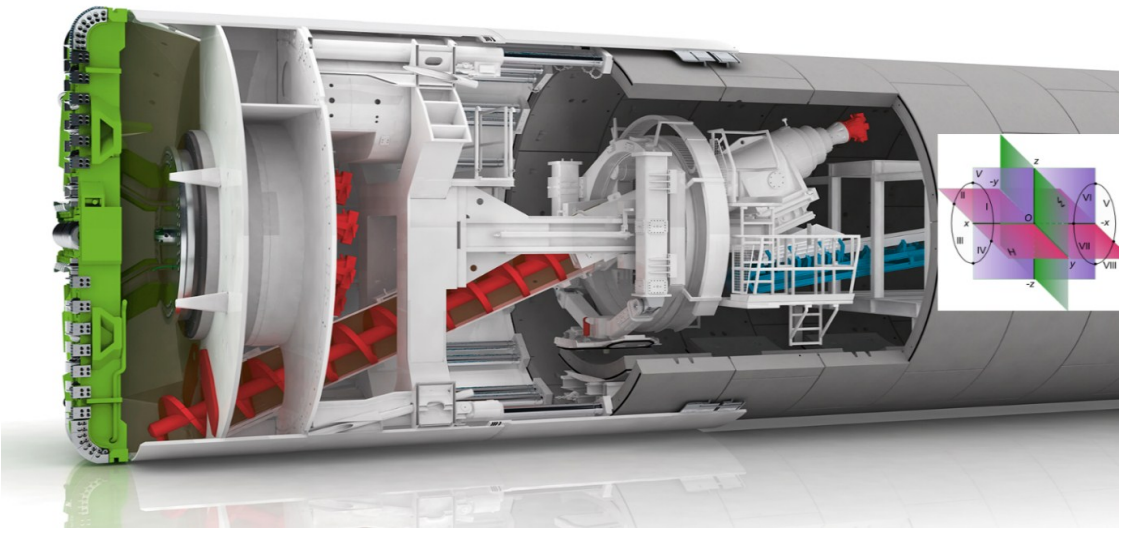


Рис.1. Смонтированный тоннелепроходческий щитовой комплекс с активным грунтовым пригрузом забоя немецкой фирмы «Herrenknecht»

геодезическому обеспечению управления процессами проходки и возведения сборной обделки железобетонного кольца тоннеля с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) с активным грунтовым пригрузом забоя, с круглым поперечным сечением при строительстве второй очереди Юнусабадской линии Ташкентского метрополитена в период, с октября 2018 г. по май 2019 г. показали возможность успешного применения современных маркшейдерско-геодезических приборов и технологий использования системы подземной навигации на практике. Это связано с повышенными требованиями к точности реализации проектов освоения подземного пространства [1].

Смонтированный тоннелепроходческий щитовой комплекс *(рис. 1)* с активным грунтовым пригрузом забоя немецкой фирмы «Herrenknecht» является элементом конструкции некоторых видов тоннелепроходческих комплексов, которую применяют для монтажа тоннелей в метро и технологического процесса транспорта разработанного грунта внутри тоннеля и за пределами рампы.

Геодезическо-маркшейдерское обеспечение при ведении щита заключается в следующем:

а) геодезическо-маркшейдерское сопровождение при монтаже сегментов щита;

б) установка маркшейдерского оборудования на проходческом комплексе;

в) ведение щита по проектной трассе.

До начала проходки щит монтируют в исходное проектное положение в специальной щитовой камере на специальном металлическом ложе. С этой целью разбивают проектную продольную ось щита, закрепляя ее не менее чем тремя знаками. На этой оси щит устанавливают в исходное плановое положение по заданному пикетажу и проектное высотное положение [2]. После окончания монтажа щита производится его исполнительная съемка по определению радиусов в плоскости домкратов, ножа и хвостовой части щита с погрешностью не более ± 2 *мм*. По данным исполнительной маркшейдерско-геодезической съёмки составляется паспорт щита. За монтажом сегментов щита следует навеска маркшейдерского оборудования. Роботизированный тахеометр Leica TS15 является высокоточным прибором и передаёт информацию в виде координат в режиме реального времени на промыш-

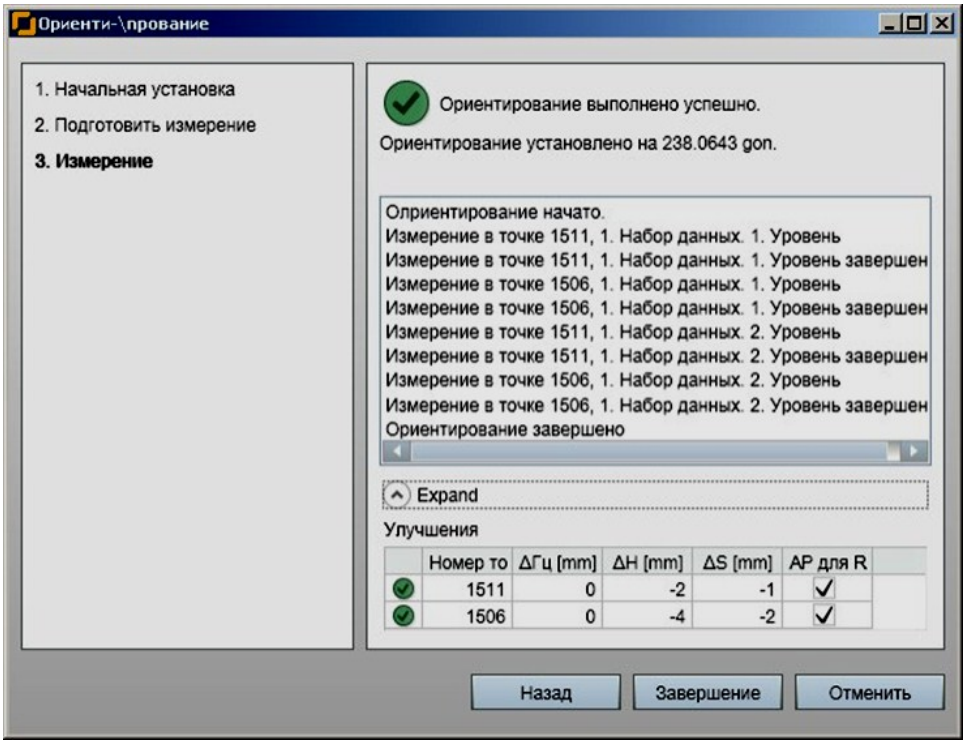


Рис. 2. После автоматического измерения роботизированным тахеометром на панели управления отображается результат ориентирования

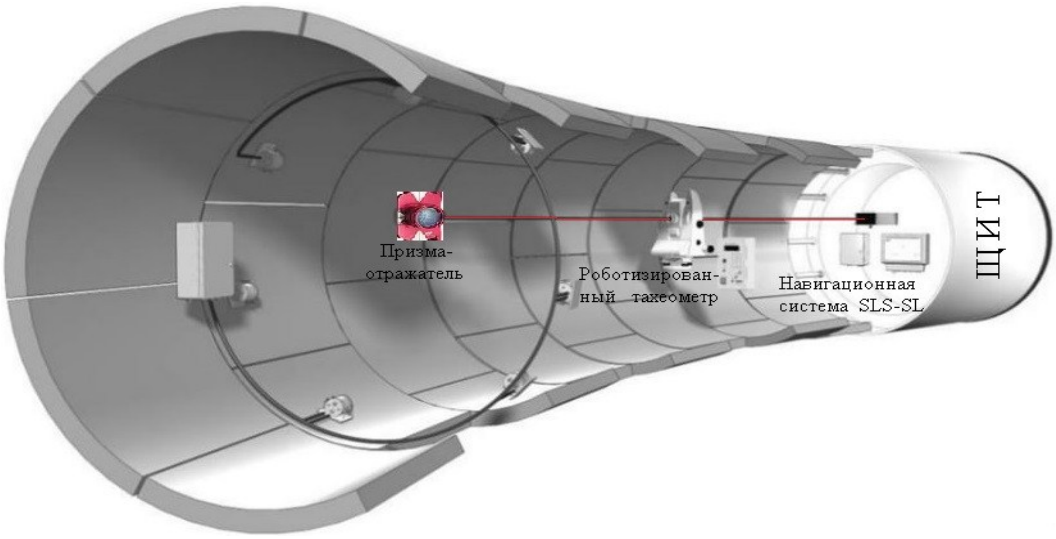


Рис. 3. Схема установки навигационной системы SLS-SL фирмы «VMT»GmbH

Tashkent Metro (S-1128)

VMT

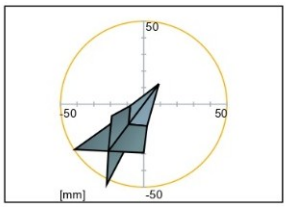
Перемещение тахеометра

Машина	S-1128	Разделяет на: Mark
Трасса	Tashkent rechts (westlich)	
Перемещение даты	27.11.2018 20:51:36	
Номер проходки	102	

Дата/подпись

До перемещения

Точки	Идентификат	Долгота	Широта	Высота
Место стоянки лазера [m]	MR5-070	24414.136	80898.365	464.457
1. Опорная точка геоде[m]	MR4-046	24425.615	80932.591	465.509

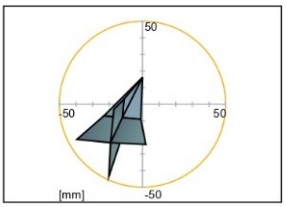


		Мишень	Артикуляция щита	Режущая часть щита
Отклонение, Гц	[mm]	-21	-9	9
Отклонение, В	[mm]	-28	-12	12
Пикетаж	[m]	1703.986	1707.130	1710.967
Долгота	[m]	24396.929	24395.663	24394.099
Широта	[m]	80851.633	80848.756	80845.252
Высота	[m]	460.971	460.905	460.834

Тенденции		Тенденции среднего	Режущая кромка
Горизонтально	[mm/m]	4	5
Вертикально	[mm/m]	5	7

После перемещения

Идентификат	Долгота	Широта	Высота
MR6-095	24400.660	80863.616	463.322
MR5-070	24414.136	80898.365	464.457



	Мишень	Артикуляция щита	Режущая часть щита
	-19	-12	0
	-23	-8	16
	1704.022	1707.166	1711.004
	24396.913	24395.651	24394.093
	80851.600	80848.721	80845.215
	460.975	460.909	460.838

Тенденции среднего	Режущая кромка
2	3
5	7

01.06.2019, 13:45:10
3

Рис. 4. Отображение информации до и после перемещения тахеометра на навигационной панели

ленный компьютер. Тахеометр и призма-отражатель, которая идёт в комплекте с прибором устанавливаются на специальные консоли. Консоли крепятся непосредственно к обделке тоннеля и между ними должна быть видимость.

Перед началом проходки маркшейдер рассчитывает по укладочной схеме трассу будущего тоннеля, получая три координаты X, Y, Z. Затем координируют прибор и марку, установленные на щите, от пунктов основной полигонометрии. Полученные координаты марки и прибора также вносят в процессор. После введения всех данных маркшейдер получает положение фактическое положение щита относительно рассчитанной трассы.

По результатам геодезических измерений положения щита решается вопрос о том, какие домкраты нужно включать при следующем его передвижении. Если щит отклонился, например, вправо, то включают большее число правых домкратов, если вверх – то верхних [3].

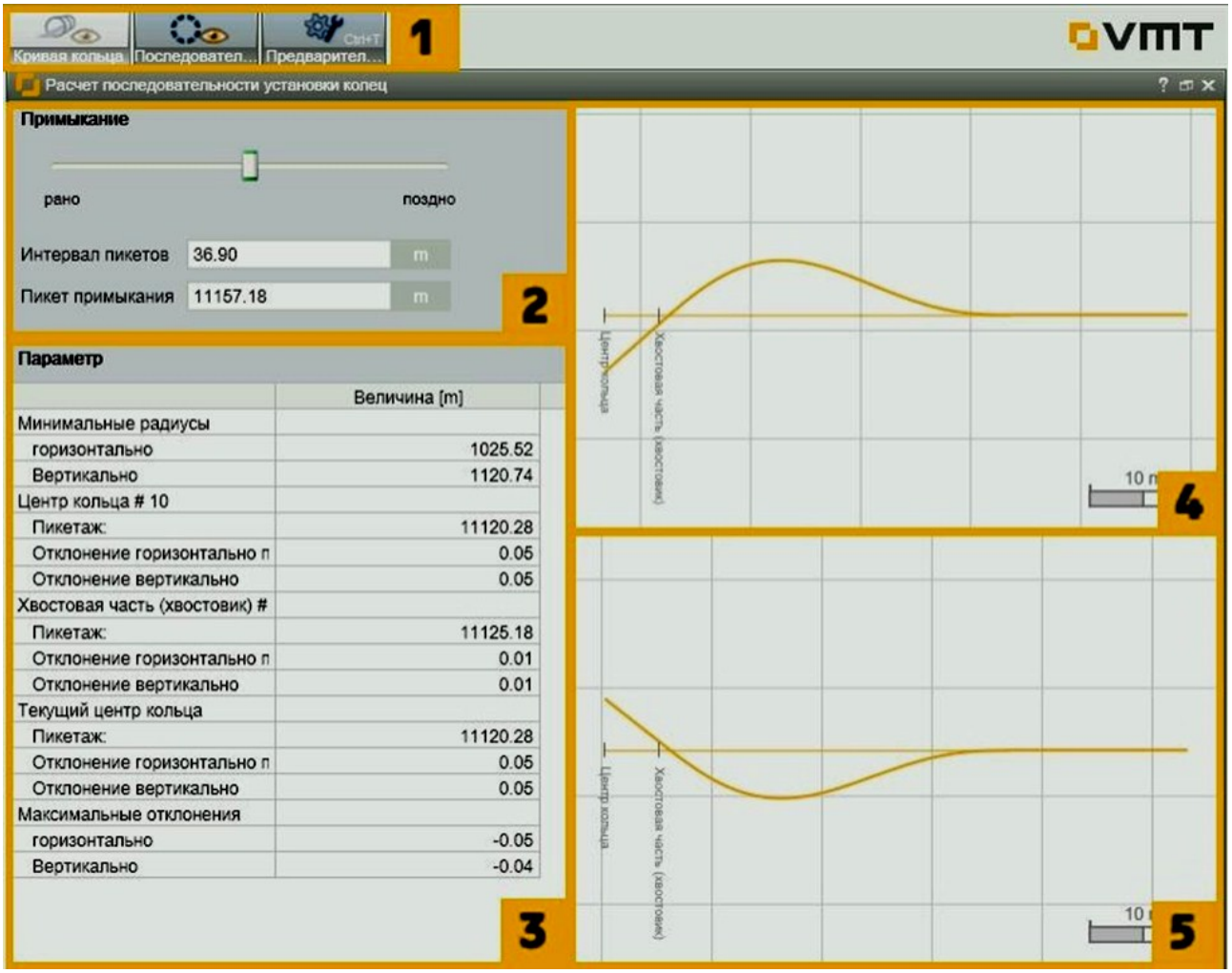


Рис. 5. Сведения о точке примыкания на оси тоннеля и ползунок для изменения точки примыкания на навигационной панели – кривая управления

На мониторе мы видим плановое и высотное положение ножа и хвоста щита. Также можно посмотреть отклонение от проектного уклона и крен щита. Уклонение щита от проектного направления в плане и по высоте не допускается более ± 50 *мм*. При дальнейшей проходке щита маркшейдера должны делать перевеску прибора и отражателя в поле видимости мишени, после перевески заново определять планово-высотное положение прибора и отражателя со знаков рабочей полигонометрии, которая создается по мере продвижения щита. На навигационной панели можно выбрать модули автоматического измерения роботизированным тахеометром *(рис. 2)*, здесь отображается открытый модуль – результат ориентирования.

Задачами маркшейдерского обеспечения при строительстве подземных сооружений являются:

– проверка числовых значений разбивочных элементов и графической части проектных чертежей;

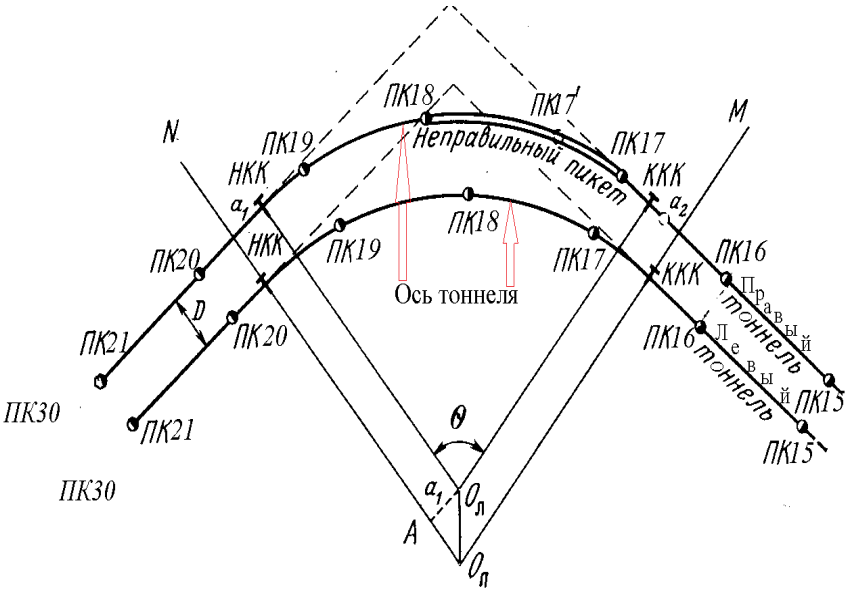
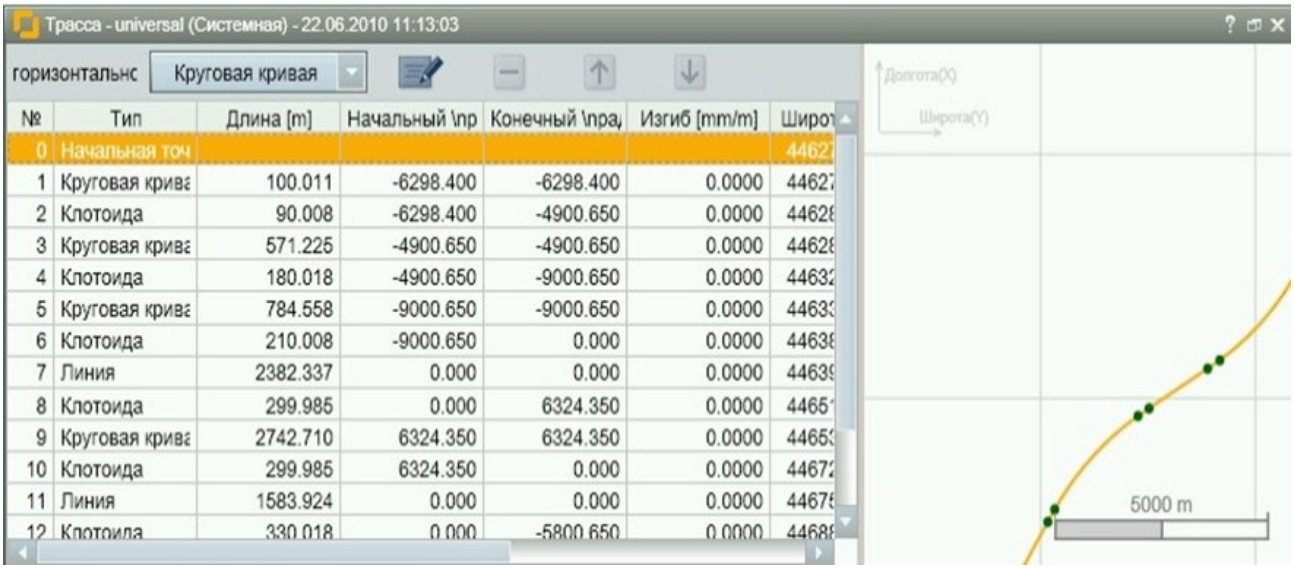


Рис. 6. Геометрическая схема криволинейного участка трассы тоннеля



№	Тип	Длина [m]	Начальный \пр	Конечный \пра	Изгиб [mm/m]	Широт
0	Начальная точ					4462
1	Круговая крива	100.011	-6298.400	-6298.400	0.0000	44627
2	Клотоида	90.008	-6298.400	-4900.650	0.0000	44628
3	Круговая крива	571.225	-4900.650	-4900.650	0.0000	44628
4	Клотоида	180.018	-4900.650	-9000.650	0.0000	44632
5	Круговая крива	784.558	-9000.650	-9000.650	0.0000	44633
6	Клотоида	210.008	-9000.650	0.000	0.0000	44638
7	Линия	2382.337	0.000	0.000	0.0000	44639
8	Клотоида	299.985	0.000	6324.350	0.0000	44651
9	Круговая крива	2742.710	6324.350	6324.350	0.0000	44653
10	Клотоида	299.985	6324.350	0.000	0.0000	44672
11	Линия	1583.924	0.000	0.000	0.0000	44675
12	Клотоида	330.018	0.000	-5800.650	0.0000	44688

Рис. 7. Отображение информации о кривой проходки трассы тоннеля на панели навигации

– перенесение геометрических элементов проекта в натуру;

– контроль соблюдения установленного проектом соотношения геометрических элементов сооружений;

– наблюдение за деформациями сооружений;

– производство съёмочных работ, составление и пополнение графической документации;

– учёт объёмов основных строительных работ.

Основную часть перечисленных работ выполняют маркшейдеры строительной организации, и только выполнение некоторых наиболее трудоёмких и ответственных работ возлагается на специализированные организации. Навигационные данные можно считывать непрерывно. Определение положения обновляется приблизительно каждые 10 *с* [4]. Слева внизу указывается, как давно было произведено последнее определение положения. Все данные относятся к сконфигурированным референтным точкам (2-3 референтные точки). Референтные точки выбираются в программное обеспечение «Tunis» (Администрирование > Конфигурация системы > Опорные точки ТПМК). Модуль «Навигация-тахеометр» постоянно определяет положение ТПМК относительно оси тоннеля и наглядно представляет данные в формате чисел и графических изображений. Данные и графические изображения позволяют оператору ТПМК максимально точно придерживаться плановой оси тоннеля. Даже в условиях работы с труднопроходимым материалом оператор получает данные о состоянии ТПМК и может отреагировать соответствующим образом. При отклонениях от плановой оси тоннеля система рассчитывает управляющую кривую, которая выводит ТПМК тангенциально на ось тоннеля. При необходимых переналадках система управляет действиями пользователя при помощи диалогов. В качестве примера воплощения идеи единой концепции можно привести навигационные системы «SLS-SL» фирмы VMT GmbH *(рис. 3)* предназначенных для проходческих щитов и машин для проходки тоннелей с тюбинговой обделкой и в устойчивых скальных породах.

Принцип работы системы: при движении тоннелепроходческого комплекса, с системного автоматического тахеометра непрерывно считывается актуальное положение мишени и посредством его соотнесения с проектной осью тоннеля отображается точное положение машины. Следующим шагом при строительстве тоннелей с тюбинговой обделкой является построение самого тюбингового кольца в хвосте ТПМК. Выбор наиболее подходящего кольца имеет огромное значение, определяющее в дальнейшем качество всей конструкции тоннеля. Однако, даже опытные команды по укладке тюбинговых сегментов зачастую не могут спрогнозировать ситуацию более чем на одно кольцо вперед. Здесь (*рис. 4*) всегда отображается высший статус всех компонентов информации до и после перемещения тахеометра на навигационной панели.

Все данные относятся к сконфигурированным референтным точкам. Референтные точки выбираются в Tunis системное программное обеспечение. Функция «Контроль направления» предназначена для отслеживания ориентирования тахеометра и позволяет делать выводы о том, не переместились ли за определенный промежуток времени тахеометр или опорная призма, а также о том, не утрачена ли ориентация тахеометра. Если расстояние между тахеометром и лазерной мишенью на ТПМК слишком велико, необходимо переместить тахеометр вперед. После перемещения тахеометра система начинает автоматическую подготовку к ориентированию. Сначала установить новую консоль, затем запуск перемещения тахеометра [5].

По трассе тоннеля прокладывают два вида полигонометрических ходов: рабочие подземные полигонометрические ходы со сторонами 25-50 *м* и основные полигонометрические ходы со сторонами 50-100 *м*. Каждая вторая точка рабочей полигонометрии включается в ход основной полигонометрии. При удалении забоя от ствола более чем на 1 *км* по пунктам основного подземного полигонометрического хода прокладывают главные ходы со сторонами, образованными диагоналями, соединяющими возможно дальше расположенные между собой пункты основного полигонометрического хода. Существует возможность переключения в вид «Кривая управления» (*рис. 5*), здесь отображаются сведения о точках примыкания на оси тоннеля.

Создаваемое при строительстве тоннелей наземное и подземное геодезическое обоснование является исходной разбивочной основой для производства всех разбивочных работ и обеспечивающей с заданной точностью совпадение осей и стыковку конструктивных элементов обделок встречных тоннелей. По полученным координатам решением обратных геодезических задач находят длины линий между вершинами углов поворота, дирекционные углы этих линий и углы поворота. Назначая радиусы круговых кривых, вычисляют длины кривых и линий тангенсов, а также координаты пикетов начала и конца круговых кривых.

Для трасс тоннелей метрополитена линейные элементы выражают с округлением до миллиметров, а угловые элементы – до десятых долей секунд. Запроектированную в плане ось трассы тоннеля, состоящую из прямых участков и круговых кривых называют разбивочной осью. Она же на прямых участках является осью пути, укладываемого в тоннеле, и осью тоннеля. Тоннели метрополитенов строят преимущественно однопутными.

Для движения поездов в прямом и обратном направлениях сооружают два параллельных тоннеля с расстоянием между осями D = 25,4 *м*. Тоннель, расположенный вправо при движении в направлении возрастания пикетажа, именуют правым, а влево – левым. Длины и радиусы круговых кривых на обоих тоннелях проектируют одинаковыми, вследствие чего одноименные пикеты на правом и левом тоннеле не будут расположены на одном перпендикуляре к оси трассы. Для устранения такого неудобства прибегают к введению неправильных пикетов, длина которых больше или меньше 100 *м*. С учётом длин неправильных пикетов рассчитывают пикетажные значения начала и концов круговых кривых. На участках кривых разбивочная ось, ось пути и ось тоннеля не совпадают из-за вписывания переходных кривых и возвышения наружного рельса над внутренним (*рис. 6*), положение точек перелома профиля, начала и конца вертикальных кривых задаётся пикетажом [6-8].

Пикетом тоннеля называется интервал пикетов пройденного участка относительно начального пикетажа. Он представляет собой разницу проекций (2D), а не пространственный отрезок, поэтому его не следует путать с участком тоннеля. Встречаются трассы, спланированные только из прямых и дуг окружности. Но в действительности трасса проходит с использованием прямых, переходных дуг и дуг окружности, то есть плановая прямая и плановая дуга сокращаются, и в трассу добавляются клотоиды. Горизонтальный и вертикальный вид наглядно представляют прохождение кривой управления (*рис. 7*), их можно адаптировать к графическому изображению т. е. изменять масштаб, смещать и т.д. [8].

Для определения планового положения точки необходимо измерить два элемента – однократная засечка. Для контроля и повышения точности измерений, а также в целях оценки такой точности, кроме необходимых, выполняют избыточные измерения – многократная засечка. В маркшейдерской практике все вычисления ведутся на плоскости проекции Гаусса. Теоретическое обоснование определения местоположения отдельной точки методом обратной засечки с помощью электронных тахеометров при выполнении линейных измерений можно использовать от 2 до 10 известных пунктов, а при выполнении угловых измерений – от 3 до 10, последнее, имеется ввиду засечка по углам, а не по координатам. Это можно легко проверить в AutoCAD, нарисовать окружность по трём опорным точкам [9].

На точность разбивки способом обратной засечки оказывает влияние погрешностей: собственно засечки; исходных данных; центрирования электронного тахеометра и визирных целей; фиксации разбивочной точки и редуцирования. Очевидно, что при сравнительно больших расстояниях от определяемого, до опорных пунктов, влияние первых двух источников будет наиболее существенным, остальными погрешностями можно пренебречь. Опытные маркшейдеры смогут в сложных условиях провести нужные измерения при помощи электронного тахеометра всего за несколько минут. Во время движения щита из-за разнородной плотности пород и неравномерного давления щитовых домкратов происходит его вращательное движение вокруг своей продольной оси, называемое кручением или креном щита. Положение щита в пространстве контролируется путём определения координаты его хвостовой точки и углов наклона между осью щита и её проекциями на координатные плоскости. Длина участка проходки влияет на точность определения положения с использованием навигационной системы SLS-SL фирмы «VMT»GmbH, а значит и точность измерений остается переменной. Уклонение щита от проектного направления в плане и по высоте $\delta_{п,в}$ не допускается более ≤ ± 50 *мм*. Роботизированный электронный тахеометр входящий в состав навигационной системы SLS-SL фирмы «VMT» GmbH используется для ведения тоннелепроходческого щита по проектному направлению с корректировкой его пространственного положения с помощью соответствующих методов и средств, при измерении и контроле координаты относительно проектной оси проходки тоннеля [10-12]. Роботизированный тахеометр, обладающий следующими уникальными характеристиками: автоматизированный процесс проведения измерений, высокая точность, возможность получения результатов измерений в удобной компьютерной форме. Однако, на сегодняшний день для маркшейдера любой электронный тахеометр остаётся так называемым «чёрным ящиком», сохраняющим множество вопросов об особенностях его устройства, программном обеспечении, алгоритмах работы. Погрешности измерительных систем оптико-электронных измерительных тахеометров имеют сложную природу и могут быть выявлены в результате экспериментальных исследований.

Библиографический список:

1. Постановление Президента Республики Узбекистан о мерах по реализации проекта строительство второго этапа Юнусабадской линии Ташкентского метрополитена. 07.11.2016 г. № ПП-2653. URL:https://lex.uz/docs/3065020.

2. Геодезическое оборудование. LeicaTS15.URL:https://www.geooptic.ru/catalog/taheometry.

3. Руководство о деятельности фирмы «VMT»GmbH и системы подземной навигации. Bruchsal, Germany. 2010. – 265 p.

4. Original Herrenknecht Services. URL:https://www.herrenknecht.com/de.

5. Батюков А.В., Гуммель А.А., Пузин В.С., Живодерников А.В., Земляной М.А. Анализ систем позиционирования микротоннелепроходческих комплексов. Известия высших учебных заведений. – № 2. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Новороссийск – Россия, 2019. – 11 с.

6. Евстафьев О.В., Ященко А.И. Проблемы установки и сохранности оборудования автоматизированных систем мониторинга. Геопрофи. – Москва: Издательство «Проспект», 2010. – № 2. – 68 с.

7. Афанасьев В.Г., Гойдышев Б.И., Демьянчик И.Ф., Житкин В.А., Капашников В.Л., Сандер М.М., Соколов Е.Н. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей ВСН 160-69. – Москва: Оргтрансстрой. – 462 с.

8. Субботин А.И., Грицков В.В., Козаченко М.Г. и др. Инструкция по производству маркшейдерских работ. РД 07-603-03. Госгортехнадзор России, 2004. – 120 с.

9. Грошев В.В., Романчикова М.С. Геодезические приборы и оборудование. Каталог. – М.: НПП «Навгеоком», 2003. – 56 с.

10. Картозия Б.А., Федунец Б.И., Шуплик М.Н., Малышев Ю.Н. и др. Шахтное и подземное строительство. Академия горных наук. – Москва, 2001. – 582 с.

11. Валиев А.Г., Власов С.Н., Самойлов В.П. Современные щитовые машины с активным пригрузом забоя для проходки тоннелей в сложных инженерно геологических условиях. – Москва: ТА Инжиниринг, 2003. –70 с.

12. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и её применение. Академический Проект. – Москва, 2008. – 591 с.

УДК 669.292.3 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.017

ЭКСТРАКЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ РУД «МАЪДАНЛИ»

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»
ГП «Навоийуран»

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

Maqolada uran-vanadiyli qora slanets rudalarini uyumli isqorlash eritmalarini ekstraktsiya usuli orqali qayta ishlash natijalari keltirilgan. Ekstraktsiya jarayonida eritmalardan uran va vanadiyni ajratish imkoniyati o'rganildi. Ekstraktsiya jarayoninig asosiy rejimlari (izotermasi), organika va eritmalarning nisbati va ekstraktsiya bosqichlarining nazariy soni, reekstraktsiya rejimlari aniqlandi. Uran oksidini uyumli ishqorlash eritmalaridan ajratib olishning texnologik sxemasi keltirildi.

Tayanch iboralar: *qora slanets rudalari, uran, vanadiy, uyumli ishqorlash, sulfat kislota, maxsuldor eritma, ekstraktsiya, ekstraktsiya izotermasi, rafinat, reekstraktsiya, ammoniy uranil III-karbonati (AUTK), uran oksidi.*

В статье представлены результаты переработки растворов кучного выщелачивания уран-ванадиевых черносланцевых руд методом жидкостной экстракции. Изучена возможность разделения урана и ванадия при экстракции. Определены основные режимы экстракции (изотерма), соотношение ОФ : ВФ и теоритическое количество ступеней экстракции, режимы проведения реэкстракции. Представлена принципиальная технологическая схема получения закиси-окиси урана из растворов кучного выщелачивания.

Ключевые слова: *черносланцевые руды, уран, ванадий, кучное выщелачивание (КВ), серная кислота, закисление, продуктивный раствор, жидкостная экстракция, изотерма экстракции, рафинат, реэкстракция, аммоний уранилтрикарбонат (АУТК), закись-окись.*

Для переработки черносланцевых (ЧС) руд месторождения «Маъданли» способом кучного выщелачивания (КВ) наиболее приемлемым реагентом является раствор серной кислоты концентрацией 5-25 *г/л*. При этом, извлекается 70-80% урана, 12-16% ванадия. Низкое извлечение ванадия обусловлено нахождением значительного его количества в виде упорного минерала роскоэлита – $KV_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$, который называется также ванадий содержащий мусковит (32,4% V_2O_5) [1]. С целью увеличения извлечения ванадия были проведены опытно-промышленные работы по КВ руд ЧС с предварительным закислением крепкими растворами серной кислоты (350÷400 *г/л*) [2]. Отработку штабеля КВ проводили по схеме – водное орошение (смачивание, водное выщелачивание ПК), сернокислотное орошение в режиме циркуляции (стадия интенсивного выщелачивания ПК), водная промывка кучи (доизвлечение ПК). Предварительная обработка руды крепкими растворами серной кислоты в режиме циркуляции при КВ привело к повышению извлечения ванадия из ЧС руд «Маъданли» с 12 ÷ 16% до 37,3% (*рис. 1*). Химический состав продуктивных растворов приведен в *табл. 1*.

Рис. 1. Опытно-промышленные работы по КВ ЧС руд в ГТР месторождения Учкудук

Таблица 1

Химический состав продуктивных растворов КВ

Раствор	pH	H_2SO_4, *г/л*	Концентрация, *мг/л*	
			U	V
Раствор циркуляции	0,5 ÷ 0,8	350	560	1860

Таблица 2

Результаты экстракции металла из раствора КВ (U-560 *мг/л*; V-1860 *мг/л*)

Концентрация, *мг/л*				Примечание
U		V		
ВФ	ОФ	ВФ	ОФ	
6	554	1861	н/об	ОФ окрасилась в желтый цвет, эмульсии нет

Таблица 3

Изотерма экстракции урана из сернокислого раствора КВ (U-560 *мг/л*; V-1860 *мг/л*)

№ п/п	О : В	Концентрация урана, *мг/л*	
		ОФ	ВФ
1.	1 : 0,5	0,18	<5,0
2.	1 : 1	0,65	62
3.	1 : 10	3,2	243
4.	1 : 25	3,35	426
5.	1 : 50	3,35	450
6.	1 : 80	3,36	481
7.	1 : 100	3,36	560

Для эффективной сорбционной переработки такие растворы необходимо нейтрализовать до pH = 2, что является затратным из-за высокого расхода реагента для нейтрализации. Поэтому для переработки растворов было принято решение использовать метод жидкостной экстракции.

Первоначально необходимо было определить возможность разделения урана и ванадия при экстракции. Экстракцию проводили при следующих условиях: ОФ : ВФ = 1 : 1; время контакта фаз – 10 *мин*; температура – 25ºС. В качестве экстрагента применили тройную смесь, состава ТБФ + ТАА + Ди-2ЭГФК в дизельном топливе. Результаты экстракции урана из раствора представлены в *табл. 2*.

Как видно из результатов *табл. 2*, уран селективно экстрагируется при экстракции смесью экстрагентов ТБФ + ТАА+ Ди-2ЭГФК в дизельном топливе, а весь ванадий остается в водной фазе.

Для эффективного проведения первой экстракции, необходимо было определить изотерму процесса. Изотерму экстракции снимали методом переменных объёмов при следующих условиях: время контакта фаз – 10 *мин*, температура – 25ºС. Результаты опытов по изотерме экстракции представлены в *табл. 3*, *рис. 2.*

Как видно из результатов *табл. 3* и *рис. 1*, первую экстракцию необходимо проводить при ОФ : ВФ равном 1 : 10. Теоретическое количество ступеней при этом составит 4. Концентрация урана в

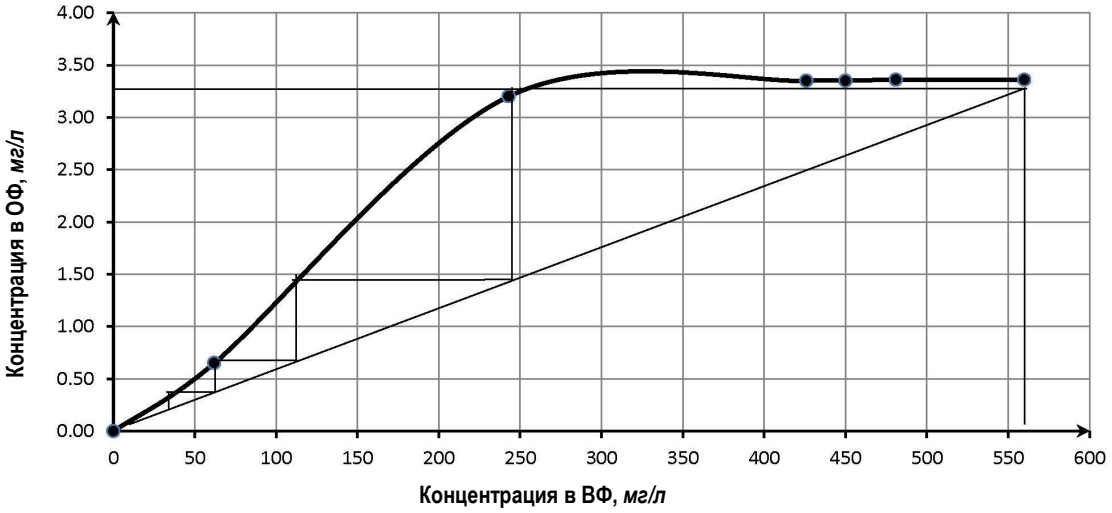


Рис. 2. График изотермы 1-ой стадии экстракции урана из сернокислого раствора КВ

насыщенной органической фазе достигла значения 3,2 *г/л*, концентрация урана в сбросных рафинатах не превысила 10 *мг/л*.

Далее были проведены лабораторные исследования по разработке технологической схемы экстракционного разделения урана из продуктивного раствора КВ.

Разработанная экстракционная схема состояла из следующих основных операций: экстракция I; реэкстракция I; подкисление реэкстракта I серной кислотой до pH = 0,5 ÷ 1,0; экстракция II; реэкстракция II с получением твердого продукта (АУТК).

Экстракцию I проводили ОФ : ВФ равной 1 : 10. Полученную насыщенную органическую фазу направили на реэкстракцию. Реэкстракцию проводили аммиачным раствором в соотношении ОФ : ВФ = 4 : 1. Полученные реэкстракты подкислили до pH = 0,5 ÷ 1 и направили на вторую экстракцию в соотношении ОФ : ВФ = 1 : 4. Насыщенную органическую фазу направили на вторую реэкстракцию. Реэкстракцию проводили карбонатно-аммиачным раствором ($(NH_4)_2CO_3$ + NH_4HCO_3 + NH_4OH) в соотношении ОФ : ВФ = 4 : 1. В результате реэкстракции получили кристаллы АУТК. Полученные кристаллы отфильтровали, просушили, промыли карбонатным раствором и прокалили в муфельной печи при температуре 850ºС в течение 2-х ч. Содержание массовой доли урана по УзДСТ 2842:2014 в продукции закиси-окиси U_3O_8 составило 84,3%. Принципиальная технологическая схема получения урана из растворов КВ методом экстракции представлена на *рис. 3.*

Проведенные исследования показали возможность получения закись-окись урана с содержанием основного вещества 84,3% соответствующий требованиям УзГСТ 2842:2014, из растворов КВ методом жидкостной экстракции.

Рафинаты экстракции I освобожденные от урана можно направить на дальнейшую переработку – на выделение ванадия. Технология получения пятиокиси ванадия из растворов ранее была опубликована [3].

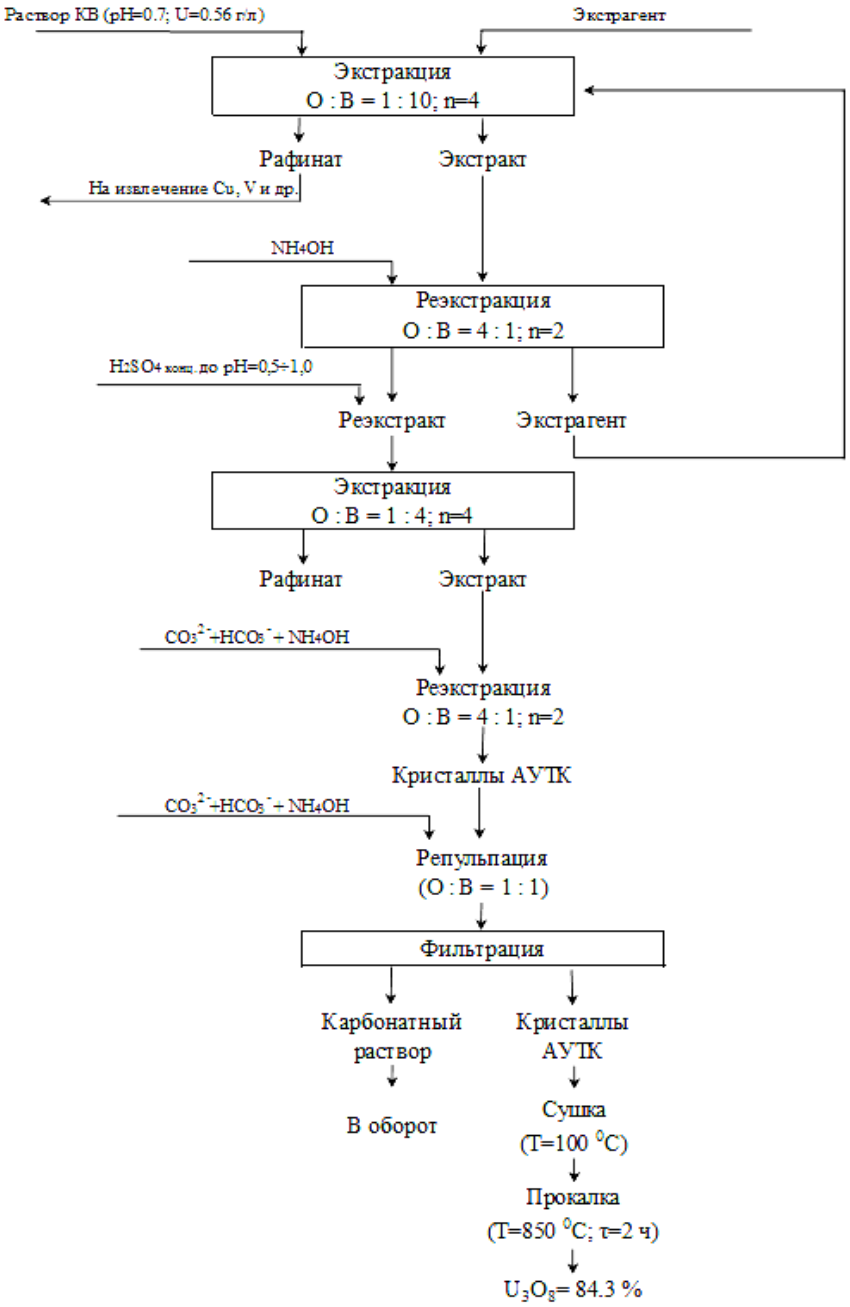


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема получения закиси-окиси урана из растворов КВ методом жидкостной экстракции

Библиографический список:

1. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Рузиев О.Б., Рузиев Б.Т. Исследования и разработка на их основе технологии переработки упорных ванадий-урановых руд черносланцевого типа // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – № 2 (77). – С. 91-98

2. Курбанов М.А., Рузиев Б.Т. и др. К вопросу извлечения ванадия из упорных черносланцевых руд // Горный вестник Узбекистана. – № 1 (92). – Навои, 2023. – С. 57.

3. Ослоповский. С.А., Курбанов М.А. и др. Разработка технологии получения пятиокиси ванадия из техногенного сырья // Universum: технические науки. – № 2 (107). – Москва, 2023. – С. 67-71.

УДК 621.785 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.018

АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДИФФУЗИОННЫХ НИТРИД-ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Maqolada po'lat 45 sirtida gazli muhitda azotlash va keyingi bosqichda suv bug'larida oksidlash bilan olingan nitrid-oksid qoplalarning antifriksion xossalarini o'rganish natijalari keltirilgan. Nitrid va nitrid-oksid qoplamali ishqalanish juftligi sirtlari tutashuv sohalarida ishtirok etadigan turli oksidlarda elementlar va fazalar tarkiblari tadqiqot qilingan. Tadqiqotlar natijasida sirpanib ishqalanish sharoitida sirtlarning dastlabki yeyilish davrini ta'minlash va yeyilishga chidamliligini oshirish nuqtai nazaridan qoplamaning maqbul strukturasi va fazaviy tarkiblari aniqlanilgan.

Tayanch iboralar: *ishqalanish, yeyilish, mikroqattiqlik, plastiklik, dastlabki yeyilish jadalligi, yeyilishga chidamlilik, yeyilish jadalligi, ishqalanish koeffitsiyenti.*

В статье приводятся результаты исследований антифрикционных свойств нитрид–оксидных покрытий, полученных на поверхности стали 45 газовым азотированием и с последующим оксидированием в парах воды. Исследованы фазовый состав и содержание элементов с типами оксидов в нитридном и нитрид-оксидном покрытиях, участвующих в зоне контакта на поверхности пары трения. В результате исследований на антифрикционные характеристики определены оптимальные структурные и фазовые составы покрытия с точки зрения обеспечения лучшей приработки поверхностей и максимальной износостойкости в условиях трения скольжения.

Ключевые слова: *трение, износ, микротвёрдость, пластичность, интенсивность приработки, износостойкость, интенсивность изнашивания, коэффициент трения.*

Эшкабилов Х.К.,
профессор кафедры
«Технологические машины
и оборудование» КИЭИ,
д.т.н.

В мировом машиностроении широко применяются процессы азотирования и их разновидности для упрочнения деталей машин и механизмов, работающих в условиях коррозии и износа. На поверхности упрочнённых деталей формируется композиционный слой, состоящий из нитридного слоя и зоны внутреннего азотирования, в котором наиболее ответственным для эксплуатационных свойств трущихся пар узлов трения и коррозионной стойкости является поверхностная нитридная зона [1, 2].

Комбинация процессов азотирования с другими методами химико-термической обработки позволяет получить модифицированные азотированные слои на стальных изделиях, позволяющие в значительной степени повысить физико-механические свойства поверхности, в первую очередь, износостойкость и коррозионную стойкость, обеспечивая лучшую адгезионную прочность с матрицей упрочняемого металла или сплава [3].

В результате проведения низкотемпературного кратковременного процесса газового азотирования в аммиаке с последующим оксидированием в парах воды (нитрооксидирование) на поверхности конструкционных сталей формируется диффузионное композиционное нитрид-оксидное покрытие, состоящее из композиции нитридных фаз и поверхностного оксидного слоя, которые обладают высокими антикоррозионными свойствами [4].

При изотермической выдержке в парах воды за счёт деазотирования нитридного слоя на его поверхности формируется оксидная плёнка и одновременно происходит диссоциация высокоазотистого нитрида переходом в низкоазотистый, а также в результате диффузии кислорода из атмосферы и углерода из матрицы стали образоваться модифицированные композиции карбонитридных $Fe_3(NC)$ (ε'-фаза), оксикарбонитридных $Fe_3(NCO)$ (ε"-фаза) и γ'-фазы $Fe_4(NCO)$, причём наличие атомов кислорода и углерода в γ'-фазе расширяет её область гомогенности [2, 4]. Износостойкость диффузионного нитрид-оксидного покрытия, полученного после азотирования и оксидирования в парах воды изучали в образцах из стали 45 обработанных в различных режимах нитрооксидирования с получением определённых соотношений карбонитридных (ε'-фаза), оксикарбонитридных (ε"-фазы) и γ'-фазы в нитридном слое при наличии на их поверхности тонкой плотной оксидной плёнки толщиной 1 *мкм*, состоящей практически из Fe_3O_4 (магнетита).

Испытания проводились на серийной испытательной установке СМЦ-2 по схеме колодка (сталь 45 с нитрид-оксидным покрытием) – ролик (сталь 45, HRC 40-42). Содержание элементов в стали: C = 0,46%; Si = 0,22%; Mn = 0,60%; Cr = 0,04%; Ni = 0,04%; P = 0,25%; S = 0,25% (по массе). Твёрдость и шероховатость фрикционных поверхностей образцов выбирались так, чтобы обеспечить в зоне трения пластический контакт на фрикционных поверхностях, в режиме трения скольжения со смазкой.

В качестве смазочного масла применялось масло индустриальное И-20, смазка осуществлялась окунанием диска в ванну. При этом, создавался в результате вращения диска бугорок масла перед образцом, благодаря чему зона трения получала равномерно смазочный материал. Продолжительность испытания составляла 6 *ч*, скорость скольжения $V_{ск}$ = 0,864 *м/с*.

Линейный износ образцов определялся по методу искусственных баз по интенсивности изнашивания. В ходе испытаний регистрировались: линейный износ образцов с упрочняющими покрытиями, температура и коэффициент трения в зоне контакта трущихся пар [5].

Фазовый состав диффузионного покрытия определяли методом рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-3 в кобальтовом отфильтрованном излучении при скорости вращения образца 1 и 2 *град/мин*. Исследования содержания элементов на поверхности образцах проводились на электронно-оптической системе DSM 950 фирмы ZEISS.

Шероховатость упрочнённых и изношенных поверхностей определялись на профилографе-профилометре модели 201.

Эксперименты проводились на азотированных и нитрооксидированных образцах – колодках в паре трения с роликом (контртело) из закалённой стали 45. Колодки были обработаны азотированием в атмосфере аммиака при температуре 580ºС продолжительностью 3 *ч* (вариант А). После процесса азотирования не извлекая из печи при температуре 580ºС были обработаны: оксидированием в парах воды в течение 30 *мин* (вариант Б) и при температуре 550ºС в течение (вариант В) 1 *ч* с получением комбинированного диффузионного покрытия, с различным соотношением композиций нитридных фаз в модифицированном слое. Для изучения влияния композиций фаз нитридного слоя и оксидного слоя на процесс

изнашивания и других физико-механических свойств было изучено нитрид-оксидное покрытие, полученное после азотирования в атмосфере аммиака при 580ºС продолжительностью 5 *ч* с последующим оксидированием в парах воды в течение 1 *ч*, с получением нитридного слоя, состоящего из ε'-, ε''- и γ'-фаз и оксидного слоя из магнетита Fe_3O_4 (вариант Г).

Характеристики нитридного и нитрид-оксидного слоя приведены в *табл. 1*.

Рентгеноструктурные анализы показали, что после азотирования в атмосфере диссоциированного аммиака (вариант А) фазовый состав нитридного слоя состоит из композиций ε-, ε'-, γ'-фаз. После оксидирования в парах воды на поверхности, за счёт деазотирования нитридного слоя образуется оксидный слой и одновременно в период изотермической выдержки происходит легирование нитридных фаз кислородом с формированием оксикарбонитридных (ε''-фаза) и оксинитридных (γ'-фаза) фаз.

После оксидирования на поверхности нитридных фаз при температуре 580ºС образуется поверхностная оксидная плёнка, состоящая из последовательно расположенных оксидов Fe_2O_3, Fe_3O_4 и FeO толщиной 4-6 *мкм* (вариант Б), а при оксидировании при температуре ниже эвтектоида системы «Fe-O», т.е. при температуре 550ºС, образуется тонкая оксидная плёнка толщиной 1-3 *мкм*, состоящая из магнетита Fe_3O_4, а нитридный подслой состоит из смеси ε'-, ε''- и γ'-фаз в различных соотношениях (вариант В). Диффузионные комбинированные нитрид-оксидные покрытия, чем нанесённые покрытия на поверхность металла или сплава, сочетают в себе высокую адгезию к основному материалу и определённые эксплуатационные свойства. При этом, износостойкость деталей в парах трения скольжения зависит от химического состава, структуры и строения, напряженного состояния и адгезионной прочности поверхностных слоёв [6].

При оксидировании нитридного слоя поверхностные микропоры залечиваются оксидами и микротвёрдость оксидного слоя при его толщине 4-6 *мкм* составляет 412 $HV_{0,1}$, а при получении плотного тонкого оксидного слоя толщиной 1-3 *мкм*, состоящей из магнетита микротвёрдость составляет до 520 $HV_{0,1}$. Микротвёрдость композиций ε'-, ε''- и γ'-фаз нитридного слоя изменяется в зависимости от доли γ'-фазы, что составляет 830 $HV_{0,1}$, при доли γ'-фазы 50% и 960 $HV_{0,1}$, при доли γ'-фазы 75% в составе нитридного подслоя. Оксидный слой имеет прочные адгезионные связи с поверхности нитридного и по изменению твёрдости по сечению покрытия создаёт положительный градиент механических свойств, что предотвращает схватывания трущихся поверхностей.

Исследовалось содержание элементов, а так же типы оксидов на поверхности оксидной плёнки в интервале глубины 1-3 *мкм* азотированных и нитрооксидированных образцов, результаты которого представлены в *табл. 2*.

Из приведённых данных в *табл. 2*, видно, что после нитрооксидирования в зоне трения будут участвовать кроме оксидов железа FeO, Fe_3O_4 и оксиды MnO, Cr_2O_3, SiO_2 легирующих элементов, которые содержались в стали 45. Это показывает, что на поверхности нитридного подслоя формируется оксидная плёнка структурами

Таблица 1

Характеристики диффузионных слоев на стали 45

Вариант обработки	Толщина слоя, *мкм*		Фазовый состав*		Микротвёрдость, $HV_{0,1}$		Пластичность покрытия, %	Коэффициент интенсивности приработки, К
	нитрид	оксид	нитрид	оксид	нитрид	оксид		
Вариант А	20¸22	-	ε, ε´, γ´	-	720	-	74	1,15-1,30
Вариант Б	25¸28	4-6	ε', ε'', γ'	Fe_3O_4, FeO	830	412	78	5,30-5,60
Вариант В	28¸30	1-3	ε'', γ'	Fe_3O_4	960	520	82	3,70-3,85
Вариант Г	35¸38	1-3	ε', ε'', γ'	Fe_3O_4	932	512	80	3,60-3,80

Примечание: *Доля γ'-фазы составляет в вариантах: А – 50 %; Б – 50%; В – 75%, Г – 75%, от общей суммы композиций фаз в нитридном слое*

Таблица 2

Содержание элементов и типы оксидов в нитридном и нитрид-оксидном покрытиях, участвующих в зоне контакта трущихся пар

№	Показатели	Элементы					
		Fe	Mn	Cr	Si	Ni	O
1	Вариант А						
	Относительный коэффициент, К	0,979	0,007	0,004	0,004	–	–
	Атомная доля, %	97,16	0,68	0,30	1,86	–	–
	Весовая доля, %	98,10	0,68	0,30	0,28	–	–
	Формула	–	–	–	–	–	–
	Вариант Б						
	Относительный коэф., К	0,719	0,005	0,002	0,003	–	0,112
	Атомная доля, %	47,94	0,35	0,12	1,04	–	50,55
	Весовая доля, %	75,62	0,54	0,18	0,83	–	22,84
	Формула	FeO	MnO	Cr_2O_3	SiO_2	–	–
	Состав, %	97,28	0,70	0,26	1,76	–	–
2	Вариант В						
	Относительный коэф., К	0,725	0,005	0,002	0,002	–	0,112
	Атомная доля, %	48,50	0,31	0,13	0,69	–	50,37
	Весовая доля, %	76,13	0,49	0,16	0,54	–	22,65
	Формула	Fe_3O_4	MnO	Cr_2O_3	SiO_2	–	–
	Состав, %	97,95	0,68	0,27	1,16	–	–
3	Вариант Г						
	Относительный коэф., К	0,727	0,003	0,002	0,002	–	0,112
	Атомная доля, %	48,63	0,23	0,09	0,68	–	50,36
	Весовая доля, %	76,32	0,36	0,14	0,54	–	22,64
	Формула	Fe_3O_4	MnO	Cr_2O_3	SiO_2	–	–
	Состав, %	98,19	0,47	0,20	1,15	–	–

1-го рода, т.е. твёрдые растворы кислорода в легирующих элементах. Наличие оксидов легирующих элементов в основном оксидном слое, состоящим из оксидов основного металла (FeO, Fe_3O_4) может оказать экранирующее действие относительно основного оксидного слоя, предохраняя от схватывания взаимодействующих поверхностей в период их приработки в начальной стадии изнашивания.

Формирование на поверхности деталей узлов трения диффузионного нитрид-оксидного покрытия с высокими антифрикционными характеристиками, не склонными к схватыванию, является очень важным для обеспечения работоспособности пары трения в начальный период износа при эксплуатации изделий. Особенно в начальном периоде износа, приспосабливаемость в паре трения, происходит при увеличении фактической площади контакта в трущихся поверхностях с изменением их шероховатости и распределением локальных давлений в зоне контакта.

Положительный градиент механических свойств при азотировании может создаваться за счёт мягкой зоны высокоазотистого нитрида ε-фазы, опирающейся на низкоазотистую γ'-фазы, а при нитрооксидировании полностью обеспечивается наличием оксидной плёнки на поверхности низкоазотистого слоя, состоящего из карбонитридных, оксикарбонитридных и оксинитидных фаз, которые обладают высокой адгезионной прочностью в зоне внутреннего азотирования.

Одним из критериев достижения максимальной износостойкости азотированных покрытий является обеспечение высокой пластичности поверхности, с повышением которой происходит понижение прочности на сдвиг. Пластичность азотированных слоёв после оксидирования за счёт формирования оксидного слоя на их поверхности и образования низконитридных фаз повышается до 82% , что больше чем в нитридных слоях, полученных после азотирования, в слоях которого пластичность составляет 74% (*табл. 1*).

Оксидирование нитридных слоёв, способствует увеличению пластичности поверхностных слоёв, за счёт получения оксидного слоя, состоящего из магнетита (Fe_3O_4) толщиной 1-3 *мкм* на поверхности нитридного слоя и вследствие обеднения азотом высокоазотистого нитрида ε-фазы за счёт её диссоциации в период изотермической выдержки с протеканием взаимных диффузионных процессов. В результате которого образуются низкоазотистые легированные кислородом и углеродом из матрицы стали оксикарбонитридные ε"- и γ'-фазы.

С точки зрения достижения повышения износостойкости важно изучение приработки трущихся поверхностей, поскольку в этот период происходит увеличение фактической площади контакта, что приводит к уменьшению удельных давлений в зоне контакта в начальный период изнашивания до установившегося режима.

Изучение коэффициента интенсивности приработки $К_П$ в обработанных образцах в зависимости от нагрузки в интервалах от 50 Н до 300 Н показывают, что величина $К_П$ имеет высокие значения при наличии оксидного слоя, чем образцы, обработанные по способу газового азотирования (вариант А, *табл. 1*). Особенно приработка поверхности происходит более интенсивно при большой толщине оксидного слоя (вариант Б, *табл. 1*).

Диффузионные нитрид-оксидные покрытия, оксидная плёнка в которых обеспечивает положительный градиент свойств поверхности имеют хорошую поверхностную пластичность, лучшую смачиваемость и равномерность оксидной плёнки, и их можно использовать для управления процессом приработки трущейся поверхности в узлах трения скольжения.

В *табл. 3* приведены значения интенсивности изнашивания и коэффициентов трения нитрид-оксидных покрытий, имеющие различные фазовые составы при изменяющихся давлениях. Результаты проведённых испытаний по определению сравнительных антифрикционных характеристик нитридного и нитрид-оксидного покрытия показывают, что в условиях трения со смазкой, интенсивность изнашивания нитрид-оксидного покрытия с оксидным слоем, полученного оксидированием при температуре 550ºС (варианты Б и Г) с поверхностной оксидной плёнкой состоящей из Fe_3O_4 имеет меньшую интенсивность изнашивания в сравнении с азотированными (вариант А) и с нитрид-оксидным покрытием (вариант В) второму с поверхностной оксидной плёнкой состоящих из смеси Fe_3O_4 и FeO (*табл. 3*).

В нитрид-оксидных покрытиях с исследуемыми подслоями, состоящими из композиций фаз низких легированных нитридов наблюдается снижение коэффициентов трения, а температура в зоне контакта повышается с увеличением прилагаемой нагрузки от 60ºС до 85ºС, при таких температурах не происходит структурно-фазовых изменений в нитридном подслое при трении.

Переход от исходного состояния поверхностей трения к установившемуся режиму трения сопровождается сложными необратимыми явлениями, протекающими в поверхностном диффузионном слое, который определяет переход характеристик качества поверхности от исходного состояния к эксплуатационному режиму [7]. Поэтому исследование шероховатости поверхностей в исходном состоянии и в процессе трения важны с точки зрения прогнозирования долговечности пар трения. Изменения параметра шероховатости R_a и морфологии поверхности нитрид-оксидного покрытия пока-

Таблица 3

Изменение антифрикционных характеристик износостойкости, коэффициента трения и шероховатости поверхностей нитрид-оксидных покрытий в зависимости от нагрузки на контртело

Варианты обработки	Интенсивность изнашивания, *I*10-	Коэффициент трения, f	Температура в зоне трения, °С	Шероховатость поверхности, *мкм* (образец/диск)
При нагрузки Р = 100 Н				
Вариант А	1,18	0,12-0,15	61	5,0/7,5
Вариант Б	1,21	0,11-0,13	68	6,0/4,25
Вариант В	1,49	0,11-0,12	66	5,0/4,25
Вариант Г	1,44	0,11-0,12	66	5,0/4,25
При нагрузки Р = 200 Н				
Вариант А	1,20	0,20-0,22	74	6,0/4,25
Вариант Б	0,62	0,13-0,15	79	5,0/7,5
Вариант В	2,12	0,12-0,14	76	6,0/4,25
Вариант Г	2,06	0,12-0,14	76	
При нагрузки Р = 300 Н				
Вариант А	1,14	0,14-0,16	82	8,0/3,5
Вариант Б	0,78	0,13-0.15	85	6,0/4,25
Вариант В	3,94	0,12-0,14	83	5,0/3,5
Вариант Г	3,51	0,12-0,14	83	5,0/3,5

а)

б)

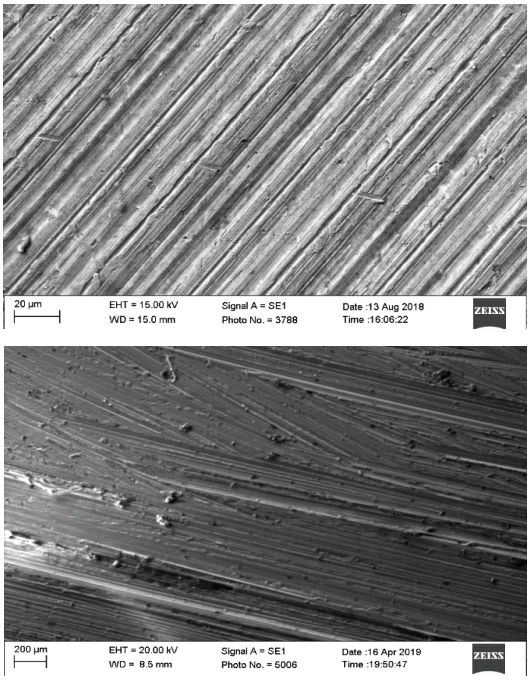


Рис. 1. Сканограмма поверхности трения в период приработки образцов: *а – вариант Б; б – вариант В*

а)

б)

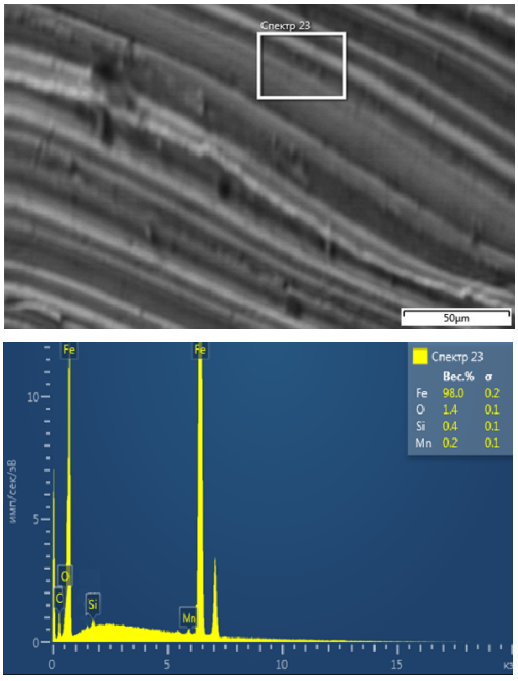


Рис. 2. Сканограмма поверхности трения (а) и элементарный состав поверхности в точке «Спектра 23» (б)

зывают, что оксидный слой в начальном периоде приработки оказывает хорошее полирующее действие (*рис. 1, а*). Ускорение достижения эксплуатационной шероховатости в процессе трения, замечается с увеличением нагрузки в контакте (*рис. 1, б*).

На *рис. 2* представлены сканограмма с поверхности трения и элементарный состав в точке «Спектра 23», в котором обнаруживается O, Si и Mn. Наличие кислорода поверхностной плёнки характеризует образование вторичных оксидных структур. В зависимости от сочетания вторичных структур в парах трения изменяется износостойкость трущегося узла. На поверхности положительный градиент свойств достигается при сочетании оксидных структур I типа, т.е. твёрдые растворы кислорода, на поверхности одной из пары трения и оксидные структуры II типа – химическое соединение кислорода на другой [8].

Уменьшение и стабилизация коэффициента трения в момент образования оксидных структур в парах трения скольжения экспериментально подтверждено для многих материалов, в том числе для железа и стали, а нитриды железа более активно взаимодействуют с кислородом, чем металлическая основа [9].

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

– поверхностная оксидная плёнка с подслоем, состоящим из низкоазотистых оксикарбонитридных фаз обеспечивает лучший положительный градиент механических свойств, хорошую поверхностную пластичность и смачиваемость, а также интенсивность приработки поверхности покрытия в процессе трения скольжения в условиях смазки;

– оксидный слой в нитрид-оксидном покрытии предотвращает схватывание поверхности в процессе приработки и наличие в нём оксидов легирующих элементов, дополнительно оказывает экранирующей эффект относительно основного Fe_3O_4;

– оксидная плёнка в процессе приработки оказывает хорошее полирующее действие оксикарбонитридному подслою в достижении эксплуатационной шероховатости при трении, при котором уменьшается интенсивность изнашивания и коэффициент трения имеет минимальное значение.

В результате сравнительных испытаний установлено, что наиболее лучшими антифрикционными свойствами обладает нитрид-оксидное покрытие, состоящее из оксидного слоя магнетита Fe_3O_4 толщиной 1-3 *мкм*, с нитридным подслоем, состоящим из композиций преимущественно из твёрдого раствора γ'-фазы ($Fe_4(NCO)$) и оксикарбонитридной ε"-фазы ($Fe_3(NCO)$).

Библиографический список:

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Шпис Г.И., Бёмер З. Теория и технология азотирования. – М.: Металлургия, 1991. – 320 с.

2. Pye D. Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing. ASM Publication, 2003. – 256 p.

3. Лахтин Ю. М. Оксиазотирование // Металловедение и термическая обработка металлов. – № 9. – Москва, 1994. – С. 2-5. https://studizba.com/files/show/pdf/123141-1-lahtin-jum-metallovedenie-i-termicheskaja.html.

4. Коган Я.Д., Эшкабилов Х.К. Оксиазотирование металлических изделий // Упрочняющие технологии и покрытия. – № 6. – Москва: Инновационное машиностроение, 2006. – С. 10-15.

5. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Камбалов В.С. Основы расчётов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 536 с.

6. Eshkabilov Kh., Berdiyev Sh. Structure and properties of the modified diffusion nitride-oxide surface layer. E3S Web of Conferences 264, 05054 (2021) CONMECHYDRO – 2021. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405054.

7. Эшкабилов Х.К. Износостойкость диффузионного нитрид-оксидного покрытия на стали 45 // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2023. 1(106). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14862.

8. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техника, 1970. – 395 с.

9. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Структура и прочность азотированных сплавов. – М.: Металлургия, 1982. – 176 с.

УДК 622.23.05; 531.1
DOI:10.54073/GV.2023.3.94.019

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Курбонов О.М.,
заместитель декана
горного факультета НГГТУ
PhD

Атакулов Л.Н.,
заведующий кафедры
«Горная электромеханика» НГГТУ
DSc, профессор

Maqolada nasos uskunalarining ish parametrlarini o'rganish natijalari va WCP 25-60G markali markazdan qochma nasosning optimal ish rejimlarini aniqlash bo'yicha tajriba-eksperimental ishlarning natijalari keltirilgan.

Energiya resurslarining umumiy iste'moli ko'p jihatdan nasos uskunalariga bog'liq. Nasos stantsiyasining foydali ishlash koeffitsienti (FIK) ko'pincha unga o'rnatilgan alohida nasoslarning FIKidan past bo'ladi. Kam energiya samaradorligining sababi uskunaning ishlashidagi nomuvofiqlikda, shuningdek, uni noto'g'ri boshqarishda. Nasos uskunalarining samaradorligini oshirish uchun nasos uskunasini ishlatish xarajatlarini kamaytirish, uning ishonchliligi va chidamliligini oshirish kerak, bu uskunaning ish rejimlarini va tashqi tarmoq parametrlarini to'g'ri tanlashni talab qiladi.

Nasos uskunalarining ish rejimlarini optimallashtirish ish paytida to'g'ridan-to'g'ri ob'ektlarda nazorat va o'lchash vositalaridan foydalangan holda aniq markalarning ish ko'rsatkichlarini real o'lchash orqali mumkin.

Tayanch iboralar: *markazdan qochma nasoslar, energiya samaradorligini oshirish, nasos uskunasining optimal ishlashi, bosim va oqim, nasosning bosim-oqim tavsifi, bosim va suyuqlik sarfi.*

В статье приведены результаты исследований режимных параметров насосных установок и результаты опытно-экспериментальных работ по определению оптимальных рабочих режимов центробежного насоса марки WCP 25–60G.

Общее потребление энергоресурсов в немалой степени зависит от насосного оборудования. Коэффициент полезного действия (КПД) насосной станции часто оказывается ниже КПД установленных на ней отдельных насосов. Причина низкой энергоэффективности заключается в несоответствии рабочих характеристик оборудования, а также в неправильном управлении ею. Для повышения эффективности насосных установок необходимо снизить стоимость эксплуатации насосного оборудования, повысить его надежность и долговечность, это требует правильного выбора рабочих режимов установки и параметров внешней сети.

Оптимизация рабочих режимов насосных установок возможна за счёт осуществления реальных замеров рабочих показателей конкретных марок с использованием контрольно-измерительных средств непосредственно на объектах при эксплуатации.

Ключевые слова*: центробежные насосы, повышение энергоэффективности, оптимальный режим работы насосных оборудований, напор и подача, напорно-расходные характеристики насоса, давление и расход жидкости.*

Водоснабжение и водоотведение относится к отраслям промышленности с интенсивным использованием насосного оборудования, доля электроэнергии, потребляемой насосами составляет более 50% от общего энергопотребления. Поэтому вопрос повышения энергетической эффективности водоснабжения заключается, прежде всего, в рациональной эксплуатации насосного оборудования.

Центробежные насосы – мощные энергоёмкие машины, поэтому эффективная экономичная эксплуатация их является весьма важной задачей.

Экономичность работы насосного оборудования определяется значением КПД в процессе эксплуатации. В связи с этим, при эксплуатации необходимо осуществлять анализ фактических напорных и энергетических характеристик насосов и разрабатывать мероприятия по их улучшению [1].

Одним из наиболее эффективных способов увеличения работоспособности и экономии энергии в насосных установках, действующих с переменной нагрузкой, представляется использование контролируемого электропривода (КЭП). Анализом эксплуатации насосных установок определено, что степень использования их не более 16-26% потенциала. При этом большая часть потенциала насосной установки остаётся невостребованной [2].

Основные вопросы выбору оптимальных режимов работы насосных оборудований в зависимости от условий эксплуатации не исследованы досконально.

Исследование и определение оптимальных режимов работы насосных установок при различных условиях эксплуатации является актуальной научно-практической проблемой, решение которой приводит к повышению надёжности и экономичности насосного оборудования.

Для повышения эффективности насосных установок необходимо снизить стоимость эксплуатации насосного оборудования, повысить его надёжность и долговечность, а это требует правильного выбора рабочих режимов установки и параметров внешней сети.

Проблема роста дефицита электроэнергии, наиболее эффективно может быть решена на основе развития энергосбережения. Снижение потерь энергии прежде всего достигается путём повышения эффективности её использования.

Насосное оборудование разнообразных технологических циклов является одним из наиболее значительных потребителей электроэнергии промышленности.

Вопросы повышения надёжности эксплуатации насосов являются весьма актуальными и требуют проявления повышенного внимания как проектирующих, так и эксплуатирующих организаций.

По различным оценкам, на привод насосных агрегатов затрачивается до 10% вырабатываемой электроэнергии. Отметим, что в суммарной оценке затрат на обслуживание насосов величина оплаты электроэнергии на привод, для отдельных отраслей промышленности, достигает более 50%, поэтому вопросы повышения КПД насосного оборудования являются актуальными и перспективными [3].

Реализация энергосберегающих мероприятий определяет необходимость повышения эксплуатационных качеств центробежных насосов, являющихся самым распространенным типом насосного оборудования.

Основой повышения эффективности центробежных насосов является совершенствование эксплуатационных режимов в зависимости от условий работы, которые в значительной степени влияют на КПД центробежного насоса.

К основным причинам неэффективной эксплуатации насосного оборудования относятся:

– эксплуатация насосов с превышенными показателями напора и подачи;

– регулирование режимов работы посредством дроссельной задвижки;

– износ конструктивных элементов оборудования, приводящих к изменению режимов работы.

Поскольку режимные параметры работы насоса на заданную систему определяются положением точки пересечения кривых характеристик насоса и сети, для изменения режимных параметров насоса необходимо изменить место положения этой точки. Следовательно, чтобы изменить режим работы насоса, необходимо изменить характеристику насоса или характеристику системы.

В большинстве случаев насосные установки выбираются с завышенными параметрами, что является нецелесообразным с точки зрения экономичности. Объёмы водопотребления в системах водоснабжения существенно меняются в зависимости от времени суток, дня недели и сезона, что можно проследить на *рис. 1.* При этом станция должна обеспечить водопотребление как в штатном режиме, так и во время пиковых нагрузок.

При отсутствии регулирования насосных установок, её эффективность не может быть достигнута для различных диапазонов работы. Во время эксплуатации насоса с большим, чем требуется, напором и более мощным электродвигателем происходит увеличение потери энергии [4]. При которой обычно производят замену оборудования на другую с ещё более большим напором и более мощным электродвигателем, однако это не приводит к положительным эффектам, и результат останется прежним, это объясняется графиком приведённым на *рис. 1.*

Из рисунка можно судить, что при работе двух насосов с разной производительностью Q_1 и Q_2 при требуемом напоре H_1 и H_2, точка пересечения с характеристикой внешней сети по значениям незначительно отличается друг от друга. Выбор насоса для условий при требуемой производительности, которая меньше Q_1 и Q_2 оптимальным вариантом является режим работы, при котором рабочая точка, определяемая пересечением характеристики насоса и характеристики системы, смещена вправо и находится в пределах рабочего диапазона (точка 2). При этом работа насоса характеризуется расчётным расходом оптимальному значению потребляемой мощности [5].

Вопросы энергосберегающих режимов и методов эффективного управления режимами водоотливных установок были рассмотрены многими авторами, которые изучали проблемы оптимизации и совершенствования эксплуатационных параметров, при этом не были исследованы многие зависимости, влияющие на режим работы насосных установок, такие как изменение статического и динамического уровня жидкости, а также внешние факторы и состав жидкости [6].

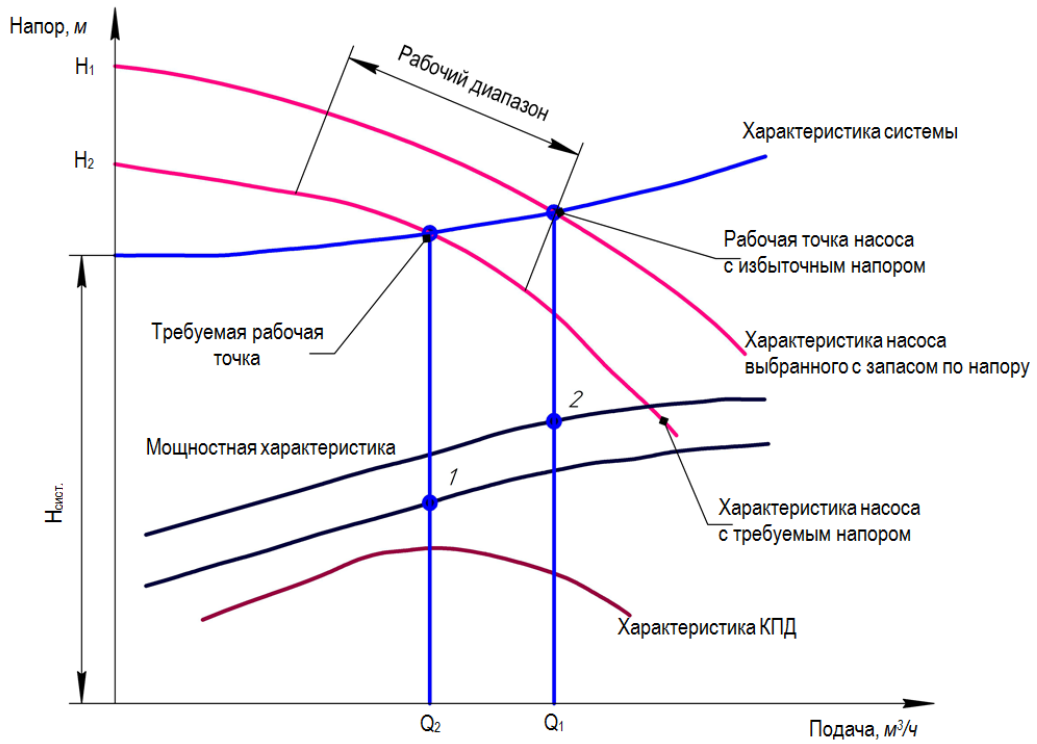


Рис. 1. Режим работы насосных установок

Таблица 1

Результаты опытных замеров

Наименование параметра	Режим I						
	номер опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
Давление $p_{вх1}$ на входе в насос Н1, *КПа*	-4	0	1				
Давление $p_{н1}$ на выходе насоса Н1, *КПа*	4	14	21				
Подача $Q_Н$ насоса $Н_1$, *л/мин*	11,5	5,1	0				
Напор насоса $Н_1$, $Н_{Н1}$, *м*	0,81	1,427	2				
Мощность на приводе насоса, *Вт*	46	46	46				
Наименование параметра	**Режим II**						
	номер опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
Давление $p_{вх1}$ на входе в насос $Н_1$, *Кпа*	-10	-4	0	1	1		
Давление $p_{н1}$ на выходе насоса $Н_1$, *КПа*	7	17	27	37	39		
Подача $Q_Н$ насоса $Н_1$, *л/мин*	16,7	11,8	7,7	1,8	0		
Напор насоса $Н_1$, $Н_{Н1}$, *м*	1,73	2,1	2,752	3,67	3,874		
Мощность на приводе насоса, *Вт*	67	67	67	67	67		
Наименование параметра	**Режим III**						
	номер опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
Давление $p_{вх1}$ на входе в насос $Н_1$, *Кпа*	-20	-13	-7	-2	1	2	
Давление $p_{н1}$ на выходе насоса $Н_1$, *КПа*	13	23	33	43	53	55	
Подача $Q_Н$ насоса $Н_1$, *л/мин*	23,4	19,2	14,8	9,7	2,6	0	
Напор насоса $Н_1$, $Н_{Н1}$, *м*	3,364	3,67	4	4,587	5,3	5,4	
Мощность на приводе насоса, *Вт*	93	93	93	93	93	93	

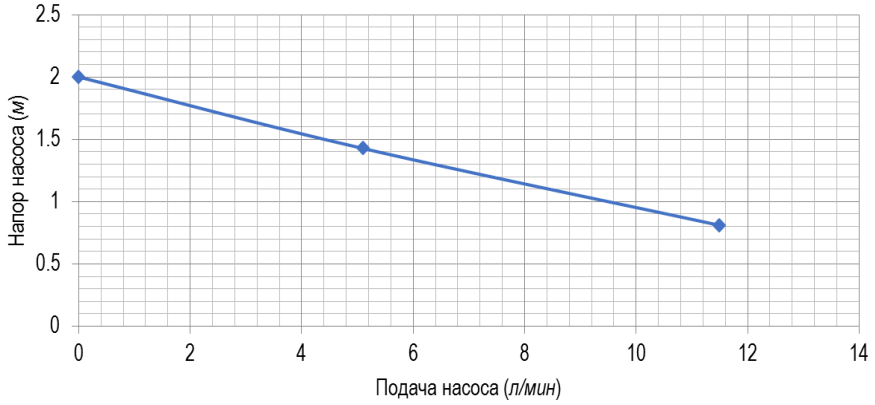


Рис. 2. Зависимость изменения величины напора (Н) от подачи (Q) центробежного насоса марки WCP 25-60G при мощности привода 46 Вт

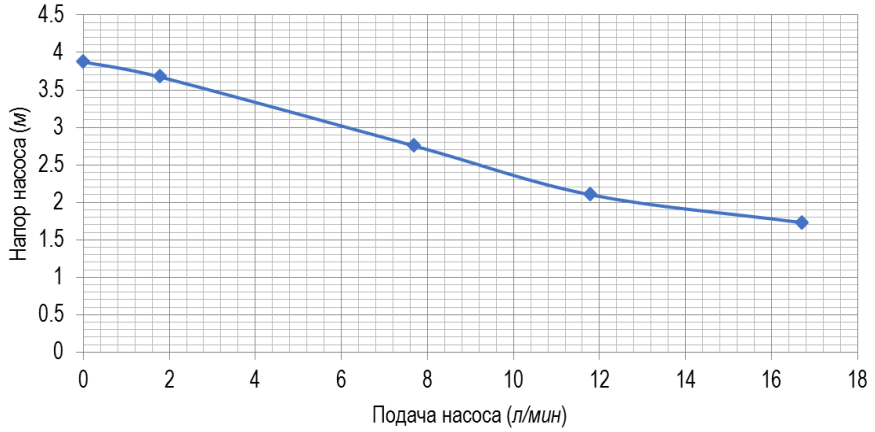


Рис. 3. Зависимость изменения величины напора (Н) от подачи (Q) центробежного насоса марки WCP 25-60G при мощности привода 67 Вт

Таким образом, для исследования основных зависимостей, влияющих на эффективную эксплуатацию водоотливных установок, возникает необходимость экспериментального исследования режимов работы установки.

Исследование напорной характеристики центробежной насосной установки выполнено на испытательном стенде гидравлических установок (динамические насосы СГУ-ДН-5ЛР), который содержит насосную установку, измерители давлений и расхода, элементы управления и контроллеры.

Испытательный стенд позволяет:

– снимать напорно-расходные характеристики насоса и насосной станции;

– задавать и определять давление и расход жидкости в различных точках гидросистемы.

Давление измеряется с помощью аналоговых датчиков давления с вторичными приборами – индикаторами, в стенде используются датчики абсолютного давления. Расход жидкости измеряется объёмным способом и с помощью счётчика воды с дифференциальным преобразователем и цифровой индикацией.

При исследовании напорной характеристики центробежного насоса были изучены зависимости напорной характеристики от величины подачи насоса при различных мощностях привода.

Экспериментальные исследования напорной характеристики центробежного насоса выполнили для трёх режимов работы при различных мощностях привода установки (*табл. 1*).

На *рисунках 2,3 и 4* приведены полученные результаты лабораторных исследований зависимости изменения величины напора (Н) от подачи (Q) при различных мощностях привода насоса.

Из графиков видно, что уменьшение высоты нагнетания, т. е. напора приводит к увеличению производительности насоса.

На первом режиме, при мощности привода 46 *Вт*, уменьшении напора на 0,5 *м*, подача насоса увеличивается на 4,5-5 *л/мин*.

На втором и третьих режимах также наблюдается повышение производительности за счёт снижения напора насоса при неизменных величинах мощности на приводе установки.

Исходя из результатов проведённых исследований определено, что увеличение подачи центробежного насоса возможно без увеличения мощности на приводе за счёт изменения напорной характеристики.

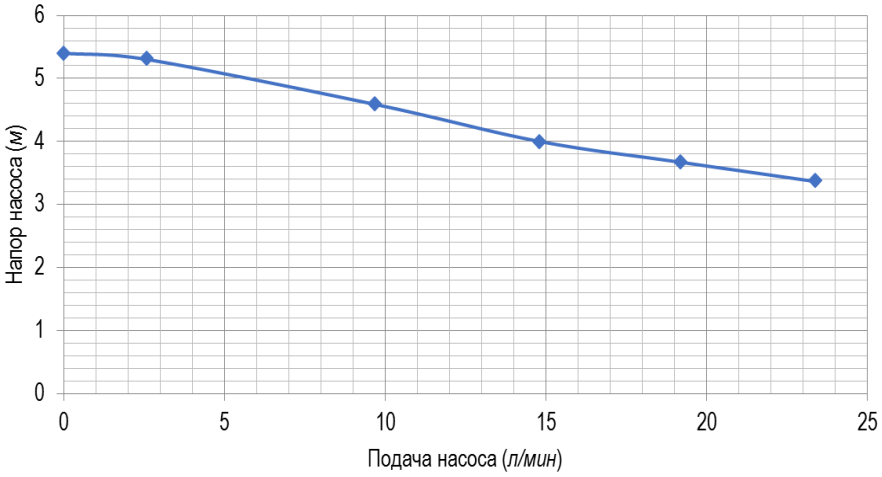


Рис. 4. Зависимость изменения величины напора (Н) от подачи (Q) центробежного насоса марки WCP 25-60G при мощности привода 93 Вт

Результаты проведённых исследований доказывают, что изменение и регулирование одной из рабочих характеристик насосной установки приводит к изменению другого параметра. Таким образом, исходя из условий эксплуатации увеличив или снизив напор, можно получить требуемую подачу, при этом, не изменяя мощность привода. Одним из оптимальных направлений повышения энергетической эффективности насосной установки, возможно, является метод регулирования рабочих режимов установки, не меняя мощность на приводе.

Библиографический список:

1. Быстрицкий Г. Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебное пособие // Быстрицкий Г.Ф. 2-е издание, стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.

2. Bogdevicius M., Januteniene J., Didziokas R., Razmas S., Skrickij V., Bogdevicius P. Investigation of the hydrodynamic processes of a centrifugal pump in a geothermal system. Transport. Lithuania. 2018. Volume 33 (1). pp. 223-230.

3. Yong Wang, Kaikai Luo, Kai Wang, Houlin Liu, Yu Li, Xianghui He. Research on pressure fluctuation characteristics of a centrifugal pump with guide vane. Journal of vibroengineering. Lithuania. 2017. – Vol. 19. – Issue 7, pp. 5482-5497.

4. Курбонов О.М., Атакулов Л.Н. Исследование по повышению работоспособности насосного оборудования // Журнал достижений в области инженерных технологий. – Том 1 (1), 2020. – С.. 21-24.

5. Makhmudov A., Kurbonov O.M., Safarova M.D. Research of the pressure characteristics of the centrifugal water drainage plant of the WCP 25-60G brand // Australian Journal of Science and Technology. – Australia, June 2020. – Vol. 4. – Issue 2, pp. 279-282.

6. Makhmudov A.M., Kurbonov O.M. The method and arrangement to increase the efficiency and utilization of submersible pumping equipment // Горный вестник Узбекистана. – № 1 (84). – Навои, 2021. – С. 4-7.

UO'K 556:551.314 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.020

URANNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIGA FOSFAT IONLARINING TA'SIRINI TADQIQ QILISH

Sharafutdinov U.Z.,
«NKMK» AJ Yangi texnologiyalarni joriy etish innovatsion markazi boshlig'i o'rinbosari, t.f.d., dotsent

Rajabboyev I.M.,
NDKTU sirtqi bo'limi dekan muovini, PhD

Uranni sulfat kislotali 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 sharoitlarini (qoldiq kislotalilik, umumiy tuzning miqdori va sorbsiyalash jarayonida tazyiqlovchilarni borligi) hisobga olinadi. Eritmalardan uranni sorbsiyali ajratib olishda asosan anionitlar qo'llaniladi. Texnologik eritmalarda turli xil qo'shimcha aralashmalar uchraydi. Ishqoriy va ishqoriy - yer elementlari, mis, temir, kobalt va marganes kationlari anionitga deyarli sorbsiyalanmaydi. Sulfat, nitrat, xlorid, ftorid va fosfat ionlari esa qatronlarga yaxshi sorbsiyalanadi va ular tazyiqlovchilar hisoblanadi.

Ushbu maqolada uranni qayta ishlash jarayonlariga fosfatlarni ta'siri va uranfosforli cho'kmalarni qayta ishlash usuli muhokama qilinadi.

Tayanch iboralar: *uran, sorbsiya, desorbsiya, tazyiqlovchi, fosfor, sulfat kislota, cho'kma.*

Предусмотрено селективное растворение урана серной кислотой и выделение его из технологических растворов в ионообменные смолы. Использование обеспечивает селективное выделение урана из растворов и его концентрирование. При этом основные свойства растворов не меняются, они возвращаются в технологический цикл. Выбранная технология учитывает условия дальнейшей обработки растворов (остаточную кислотность, количество общих солей и наличие депрессантов в процессе сорбции). При сорбционном извлечении урана из растворов используются аниониты. В технологических растворах встречаются различные соединения. Катионы щёлочных и щёлочноземельных элементов, меди, железа, кобальта и марганца практически не сорбируются на анионите. Ионы сульфатов, нитратов, хлоридов, фторидов и фосфатов хорошо сорбируются сорбентом и считаются депрессантами.

В данной статье рассматривается влияние фосфатов на переработку урана и способ переработки уран-фосфорных осадков.

Ключевые слова: *уран, сорбция, десорбция, депрессант, фосфат, серная кислота, осадок.*

An'anaviy usullar bilan qazib olish uchun yaroqsiz bo'lgan kambag'al rudalardan uran olish uchun yer ostida tanlab eritish (YOTE) tobora ko'proq foydalanilmoqda. Mavjud texnologiyalar 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 sharoitlarini (qoldiq kislotalilik, umumiy tuzning miqdori va sorbsiyalash jarayonida tazyiqlovchilarni borligi) hisobga olinadi. Eritmalardan uranni sorbsiyali ajratib olishda asosan anionitlar qo'llaniladi. Texnologik eritmalarda turli xil qo'shimcha aralashmalar uchraydi. Ishqoriy va ishqoriy - yer elementlari, mis, temir, kobalt va marganes kationlari anionitga deyarli sorbsiyalanmaydi. Sulfat, nitrat, xlorid, ftorid va fosfat ionlari esa qatronlarga yaxshi sorbsiyalanadi va ular tazyiqlovchilar hisoblanadi [1, 2].

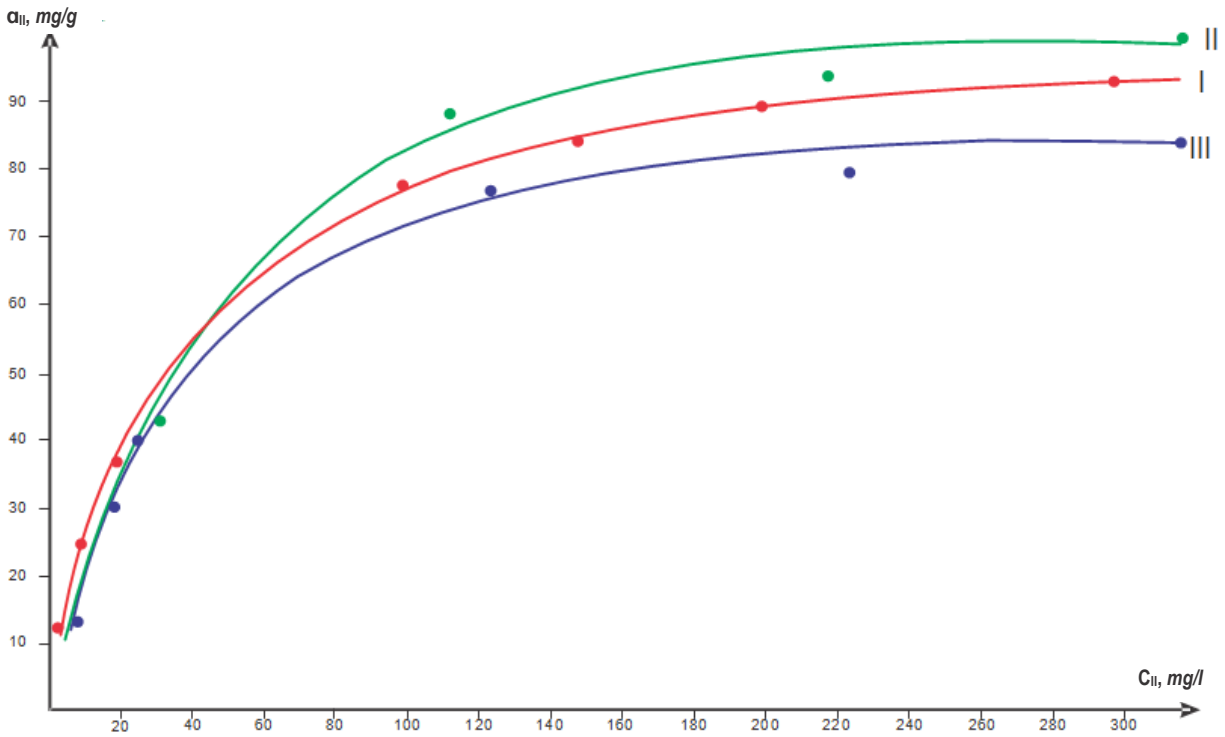
Uran minerallari tarkibiga ko'ra turli xil foydali qazilmalarni o'zlashtirishda ishtirok etadigan konlar sonining kengayishi YOTE ning mahsulotli eritmalarida uran bilan birga boshqa elementlarning, shu jumladan Beshkak, Leyliken, Shimoliy va Janubiy Bukinay konlarida qayta ishlash amaliyotida ilgari uchramagan kiruvchi elementlarning hosil bo'lishiga olib keladi [3-5].

Masalan, Beshkak konida mahsulotli eritmalardagi fosfor birikmalarining miqdori 0,1-0,13 *g/l* ni tashkil qiladi. Fosfor birikmalari kuchli asosli anionitlarga (AMP) sorbsiyalanadi, uran bilan birga 0,1-0,12 *g/l* fosfor ham mavjud. Uran bilan to'yingan anionitlardagi fosfor birikmalarining tarkibi 2-6 *kg/t* ni tashkil qiladi, bu uran desorbsiyasi va tayyor mahsulot ishlab chiqarish jarayonida uran fosfat cho'kmalarining cho'kishiga olib keladi. Ushbu cho'kmalarda 35-58% gacha uran, 5-6% fosfor bor. Ushbu cho'kmalarda katta miqdordagi uran tayyor mahsulotlariga qaytarish bilan ularni qayta ishlash zarurligini keltirib chiqaradi. Fosfat ionlarining uranning anionit bilan sorbsiyasiga ta'sirini o'rganishda AMP fosfat kislotasi yoki uning o'rnini bosadigan natriy tuzi shaklida fosfatlar uran tarkibli eritmaga qo'shilgan. Tajribal natijalari 1-2-chizmalarda keltirilgan.

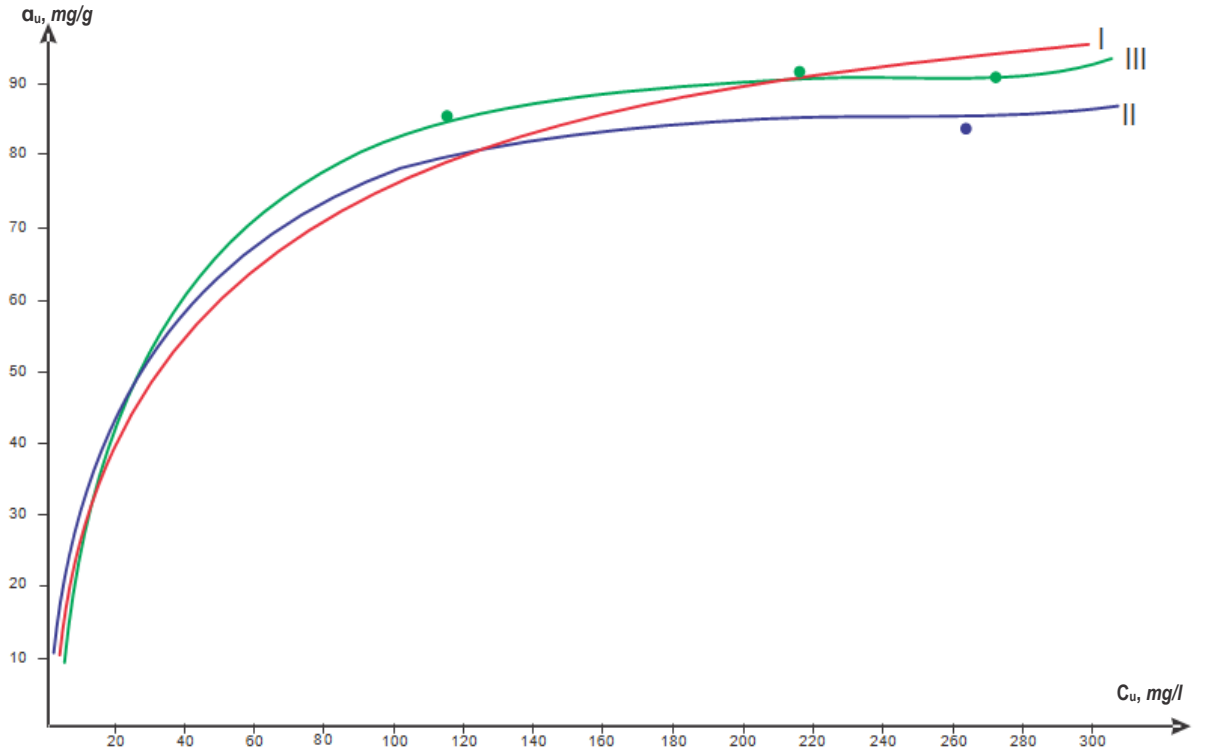
1-rasmda ko'rinib turibdiki, 0,5 *g/l* miqdorda fosfat kislotasi shaklida kiritilgan fosfat konsentratsiyasida anionitning uran bo'yicha hajmi kamayadi. 0,3 *g/l* miqdorida fosfat ionlari bo'lganda, uran uchun anionitning muvozanat hajmi ortiq eritmadagi uran konsentratsiyasining oshishi bilan 0,04 *g/l* dan ortadi. Kiritilgan fosfatning tuz shakli konsentratsiyasining ta'siri *2-rasmda* keltirilgan.

2-rasmda ko'rinib turibdiki, fosfor bo'yicha 0,3 *g/l* konsentratsiyali fosfat ioni mavjud bo'lganda, uran uchun muvozanat hajmi eritmadagi uran konsentratsiyasining 0,005 *g/l* dan 0,130 *g/l* gacha oshishi bilan ortadi. Fosfat ionining konsentratsiyasi 0,8 *g/l* bo'lganda uran bo'yicha anionitning hajmi eritmadagi uran miqdori 0,005-0,015 *g/l* oralig'ida bo'lganda kamayadi. Uran konsentratsiyasining 0,015 dan 0,220 *g/l* gacha oshishi bilan uran bo'yicha anionitning hajmi oshadi va uranning miqdori ortishi bilan kamayishni boshlaydi konsentratsiyani yanada oshirilsa pasayish boshlanadi.

Ushbu raqamlardan ko'rinib turibdiki, fosfor bo'yicha anionit hajmi uran ishtirokida xlor va nitrat ionlarining sorbsiyasidan farqli o'laroq, eritmadagi uran konsentratsiyasining oshishi bilan ortadi. Fosfat ionining



1-rasm. Eritmani hisoblaganda fosfor I - 0 g/l, II - 0,3 g/l, III - 0,5 g/l fosfatni kislotali formasida AMP aionitida uranni sorbsiyalash izotermasi



2-rasm. Eritmani hisoblaganda fosfor I – 0 g/l, II – 0,3 g/l, III – 0,8 g/l fosfatni tuzli formasida AMP aionitida uranni sorbsiyalash izotermasi

sorbsiyasiga uning eritmada bo'lish shakli ta'sir qiladi. Shunday qilib, eritmadagi uranni konsentratsiyasi 100 *mg/l* dan yuqori va fosfatlar 0,3 *g/l* fosfat eritmasida anionitni fosfor bo'yicha hajmi fosforning kislota va tuz shakllari uchun bir xil. Uran konsentratsiyasi 100 *mg/l* dan kam va ayniqsa 30 *mg/l* dan kam bo'lsa, fosfor tuz shaklida eritmaga kiritilganda anionitning fosfor bo'yicha hajmi yuqori bo'ladi.

Shunday qilib, fosfor bo'yicha 0,3 *g/l* fosfat konsentratsiyasida uran yo'qligida anionitning fosfor bo'yicha hajmi 1,2 -1,3 *mg/g* ni tashkil qiladi va 0,03 *g/l* eritmadagi uran konsentratsiyasida anionitning fosfor bo'yicha hajmi tuz shakli uchun 2,2 *mg/g* ga oshadi. Uran konsentratsiyasining 0,3 *g/l* gacha oshishi bilan anionitning fosfor bo'yicha hajmi 7 *mg/g* gacha oshadi.

Beshkak konlarini tanlab eritishda uran bilan birga 0,1-0,12 *g/l* fosfor mavjud. Anionitlarning uran va fosfor bilan to‘yinganligi bir vaqtning o‘zida sodir bo‘lishi ishlarda aniqlangan. Hozirgi vaqtda uran bilan to‘yingan anionitlardan fosfor ionlarini kerakli samaradorlik bilan, ya’ni 100% oldindan tanlab eritish uchun ma’lum sanoat usuli mavjud emas. Korxonada kiritilgan fosfor birikmalaridan to‘yingan anionitlarni sulfat kislotali tanlab eritish usulining samaradorligi 85-90% ni tashkil qiladi, bu uran fosfat cho‘kmalarini desorbsiya bosqichidan tayyor mahsulotni saqlash bosqichiga o‘tkazish jarayonini konsentrlaydi. Anionitda qolgan fosfor ionlari uran bilan birga desorbsiyalanadi, cho‘ktirish bosqichida konsentratsiyalanadi va sexning tayyor mahsulotining sulfat kislota eritmasida cho‘kadi.

Tayyor mahsulotdan jelatin bilan ishlov berishdan oldin chiqarilgan cho‘kma tarkibida kimyoviy tahlil quyidagi elementlarning mavjudligini aniqladi, %: uran – 50-60; fosfor – 5-6; kalsinatsiya paytida yo‘qotishlar 15-20% ni tashkil qiladi. Bizning fikrimizcha, ajraluvchi cho‘kmaning kimyoviy tarkibi $NH_4UO_2PO_4 \cdot 3H_2O$ formula bilan mos keladi va uranil va ammoniy, ya’ni uramfit mineral bilan bir suvli fosfat hisoblanadi.

Ishlab chiqarish sharoitida uranil va ammoniy suvli fosfatlarining cho‘kmalari tayyor mahsulotlarni saqlash idishlarida to‘planadi. Jelatin bilan tayyor mahsulotni qayta ishlash jarayonida hosil bo‘lgan kremniy tarkibli cho‘kmalar bir xil idishlarga kiradi. Shunday qilib, tayyor mahsulotni saqlash uchun idishlarda uran fosfat va kremniy tarkibli cho‘kmalar aralashmasi hosil bo‘ladi. Ushbu cho‘kma aralashmasining tahlili *1-jadvalda* keltirilgan. Ushbu cho‘kmalarda uranning katta miqdori ularni qayta ishlashda tayyor mahsulotlariga qaytarish zarurligini keltirib chiqaradi.

Uran fosfat cho‘kmalarini sulfat kislota bilan ishlov berish statik sharoitda Q:S nisbati 1:10 ga teng, davriy aralashtirish 2 soat va sulfat kislota konsentratsiyasi, *g/l*: 50, 100, 150 va 200 ga teng. O‘rganilayotgan cho‘kma tarkibida, %: uran – 42,75; fosfor – 6,375; aluminiy – 0,54; kremniy oksidi – 11,2; sulfat ioni – 3,3. Sulfat kislota konsentratsiyasining cho‘kmalarning erishiga ta’siri *2-jadvalda* keltirilgan.

2-jadvalda keltirilgan ma’lumotlarga ko‘ra, optimal rejim cho‘kmani 15-20% sulfat kislota bilan ishlov berish deb hisoblanishi kerak, bu yerda cho‘kmaning maksimal erishi sodir bo‘ladi. Shunga o‘xshash sharoitlarda Q:S nisbati aniqlandi, unda cho‘kmaning eng to‘liq erishi sodir bo‘ladi. Laboratoriya tajribalari natijalari *3-jadvalda* keltirilgan.

3-jadvalda keltirilgan eksperimental ma’lumotlardan kelib chiqadiki, cho‘kmani eritish uchun sulfat kislotaning 15% eritmasidan Q:S nisbati 1:10 ga teng bo‘lishi kerak. Uran fosfat cho‘kmalarini eritish natijasida olingan sulfat kislota uran tarkibli eritmalar yuqori kislotalikka ega: 140-150 *g/l* H_2SO_4.

Tindirilgan eritma texnologik jarayonga qaytariladi.

Bizning fikrimizcha, uran fosfat cho‘kmalarini sulfat kislota eritmasi bilan qayta ishlash usuli eng maqbuldir, *3-rasmga* muvofiq, quyidagi rejimlardan iborat: 1) uranfosfat cho‘kmalari tayyor mahsulot sig‘imlaridan filtrpressga yuboriladi va suvda eriydigan uran suv bilan yuviladi; 2) keyin uranfosfat cho‘kmalari 15% li sulfat kislotada $V_{eritma} : V_{cho'kma} \approx 10:1$ nisbatda 2-4 *soat* aralashtirish bilan eritiladi; 3) keyin 20-25 *g/l* gacha uran va 3-4 *g/l* fosfor tarkibli sulfat kislota eritmasi 1-2 kun davomida tindiriladi.

1-jadval

Cho‘kmani kimyoviy tarkibi

Komponentlarni tarkibi, %							
U	P	SiO_2	Fe	Al_2O_3	SO_4	NO_3	boshq.
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

2-jadval

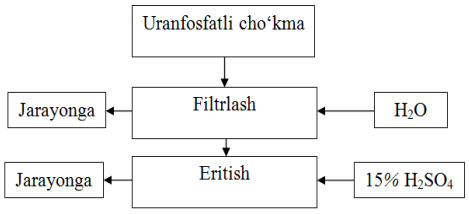
Uran va fosfor tarkibli cho‘kmalarni erishida sulfat kislota konsentratsiyasini ta’siri

Sulfat kislotani konsentratsiyasi, %	Filtrat, *g/l*		Cho‘kma, %	
	U	P	U	P
5	9,8	1,93	35,9	4,72
10	16,9	1,93	24,86	3,146
15	23,4	2,77	7,6	0,956
20	23,4	2,77	5,78	0,634

3-jadval

Uranfosfat cho‘kmalarini erish jarayoniga Q:S nisbatning ta’siri

Q:S	Filtrat, *g/l*		Cho‘kma, %	
	U	P	U	P
1:5	39,4	5,69	3,63	3,95
1:10	23,7	3,85	0,980	1,9
1:20	13,5	2,22	0,600	1,11
1:30	8,4	1,31	0,383	0,95
1:50	5,85	0,785	0,327	0,65



3-rasm. Texnologik sxema

Uranni cho‘kmadan sulfat kislota bilan tanlab eritish ulardagi uran 0,05% dan pastga kamayguncha yana 2-3 marta takrorlanadi. Sulfat kislota eritmasi bilan ishlov berilgandan keyin cho‘kma YOTE ning mahsulotli eritmalarining cho‘ktirishga yuboriladi.

Shu bilan birga, eritmadagi uran va fosfor tarkibining ko‘payishi ahamiyatsiz va 10% dan oshmaydi – bu uran va fosfor uchun anionitning muvozanat to‘yinganligi qiymatlarini deyarli o‘zgartirmaydi, ya’ni jarayondan olingan to‘yingan anionitdagi fosfor birikmalarining tarkibi deyarli o‘zgarmaydi.

Bibliografik ro‘yxat:

1. Sharafutdinov U.Z., Rajabboyev I.M., Qodirov A.O'., Xalilova H.R. Texnologik eritmalardan uranni sorbsiyali ajratib olishda xlor ionlarini ta'sirini tadqiq qilish. O'zbekiston konchilik xabarnomasi. – № 1 (88). – Navoiy, 2022. 64-66-betlar.

2. Аликулов Ш.Ш., Курбанов М.А., Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Юлдашев Ш.Ш. Исследования поведения кремнезема и органики в продуктивных растворах подземного выщелачивания урана и их влияния на процесс сорбции урана. Универсум: технические науки. – №2 (4). – Москва, 2023. – С. 22-27.

3. Sharafutdinov U.Z., Rajabboyev I.M., Qodirov A.O'., Xalilova H.R. Uranni qayta ishlash jarayonlarida kremniy ionlari ta'sirini tadqiq qilish. O'zbekiston konchilik xabarnomasi. – №1 (92). – Navoiy, 2023. 81-83-betlar.

4. Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Эшонова Г.А., Журакулов А.Р. Исследования влияния нитрат ионов на процесс получение урана. ниверсум: технические науки. – №5 (110). – Москва, 2023. – С. 22-27.

5. Ражаббоев И.М., Эшонова Г.А., Шарафутдинов У.З. Растворение уранофосфатных осадков в серной кислоте с последующим концентрированием урана на ионите BD-706 // XII международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». Междуреченск, 26 апреля 2023 г. – С. 139-1/139-6.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2023, № 3 (94) pp. 83-86

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PHOSPHATE IONS ON URANIUM RECYCLING PROCESSES

[1]***Sharafutdinov U.Z.,*** *Deputy Head of the Innovation Center for the Introduction of New Technologies, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.*
[2]***Rajabboyev I.M.,*** *Deputy Dean of Extramural Department, PhD.*

[1]***JSC «NMMC». Navoi, Uzbekistan.***
[2]***Navoi State University of Mining and Technologies. Navoi, Uzbekistan.***

Selective dissolution of uranium with sulphuric acid and its separation from process solutions into ion exchange resins is stipulated. The use provides selective separation of uranium from solutions and its subsequent concentration. In doing so, the main properties of the solutions are not altered, they are returned to the technological cycle. This technology takes into account the conditions of further treatment of solutions (residual acidity, amount of total salts and presence of depressants in the sorption process). Anionites are used in the sorption extraction of uranium from solutions. Various compounds are present in the process solutions. Cations of alkaline and alkaline-earth elements, copper, iron, cobalt and manganese are practically not adsorbed on anionite. Sulphate, nitrate, chloride, fluoride and phosphate ions are well adsorbed by the sorbent and are considered as depressants.

This article discusses the effect of phosphate ions on uranium processing and the method of uranium-phosphate precipitate processing.

Keywords: *uranium, sorption, desorption, depressant, phosphate, sulphuric acid, precipitate.*

References:

1. Sharafutdinov U.Z., Rajabboyev I.M., Kadirov A.O'., Khalilova H.R. Study of the effect of chlorine ions in the sorption extraction of uranium from technological solutions. Gornyy vestnil Uzbekistana. – No. 1 (88). – Navoi, 2022, pp. 64-66.

2. Alikulov Sh.Sh., Kurbanov M.A., Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Yuldashev Sh.Sh. Investigation of the behavior of silica and organic and productive solutions of in-situ leaching of uranium and its influence and process sorption of uranium. Universum: technical science. – No. 2 (4). – Moscow, 2023, pp. 22-27.

3. Sharafutdinov U.Z., Rajabboyev I.M., Kadirov A.O'., Khalilova H.R. Study of the influence of silicon ions in uranium processing processes. Gornyy vestnil Uzbekistana. – No. 1 (92). – Navoi, 2023, pp. 81-83.

4. Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Eshonova G.A., Jurakulov A.R. Issledovaniya vliyaniya nitrate ionov na process poluchenie urana. Universum: tekhnicheskiye nauki. – No. 5 (110). – Moscow, 2023, pp. 22-27.

5. Rajabboev I.M., Eshonova G.A., Sharafutdinov U.Z. Dissolution of uranophosphate precipitates in sulfuric acid with subsequent concentration of uranium and ionite BD-706 // XII international scientific and practical conference "Modern tendencies and innovations in science and production". – Mezhdurechensk, April 26, 2023, pp. 139-1/139-6.

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

УДК 662.772.2 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.021

BIR CHO‘MICHLI KARYER EKSKAVATORLARI CHO‘MICHI HARAKATINI OPTIMAL ISHCHI ZONASINI ANIQLASH

Ataqulov L.N.,
«Konchilik elektr mexanikasi»
kafedrasi mudiri, t.f.d., dotsent

Haydarov Sh.B.,
«Konchilik elektr mexanikasi»
kafedrasi dotsenti v.b

Usmonov M.Z.,
«Konchilik elektr mexanikasi»
kafedrasi assistenti

Ushbu maqolada ekskavator cho‘michini ko‘tarish va bosim berish kuchlari natijasida yuzaga kelayotgan salbiy oqibatli omillar ta’sirini hamda cho‘michni harakat traektoriyasi ishchi zonasi aniqlangan. Dastak tishli uzatmaga zo‘riqma kuchlari ta’siri kam va tog‘ jinsini qazib yuklab berish miqdori yuqori bo‘lishi aniqlangan.

Tayanch iboralar: *karyer, ekskavator, dastak, cho‘mich, egarli podshipnik, cho‘michni ko‘tarish arqoni.*

В статье определены последствия отрицательных факторов, вызванных подъёмными и напорными усилиями ковша экскаватора, а также рабочей зоны траектории движения ковша. Определено, что воздействие напорных сил на зубчатую передачу рукояти меньше, а объём добычи и погрузки породы выше.

Ключевые слова: *карьер, экскаватор, рукоятка, ковш, седельный подшипник, канат подъёма ковша.*

Karyer ekskavatorlarini samarali, xavfsiz, ishonchli ishlashi unumdorikni oshishiga va foydali qazilmani tannarxining pasayishiga olib keladi. Ekskavatorlar jihozlarini mustahkamligi, yengilligi, narxining arzonligi modernizatsiya qilishda inobatga olinadi va albatta ish samaradorligini pasaymasligini ta’minlagan holda tavsiflanadi.

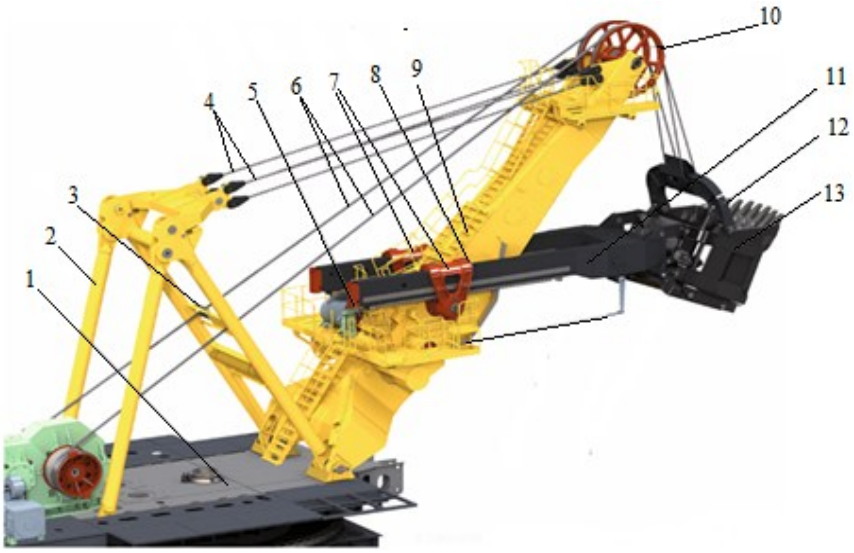
Bir cho‘michli ekskavator ishchi a’zolari harakati murakkab elektromexanik tizim sifatida harakat qonunlari asosida amalga oshiriladi va cho‘mich harakat parametrlarini muvofiqlashtirish, harakat mexanizmlaridan cho‘michni ko‘tarish hamda kon massasiga bosim berish mexanizmlari ishlashi bilan belgilanadi [1, 2].

Ushbu cho‘mich harakati jarayoni kon - geologik va kon - texnik ish sharoitlariga, ya’ni tog‘ jinslarining mustahkamligiga, negabaritlarning mavjudligiga, qazib olish joyining balandligiga va boshqalarga bog‘liq bo‘ladi. Karyer ekskavatori ishchi a’zolarining harakat parametrlari sxemasi *1-rasmda* keltirilgan.

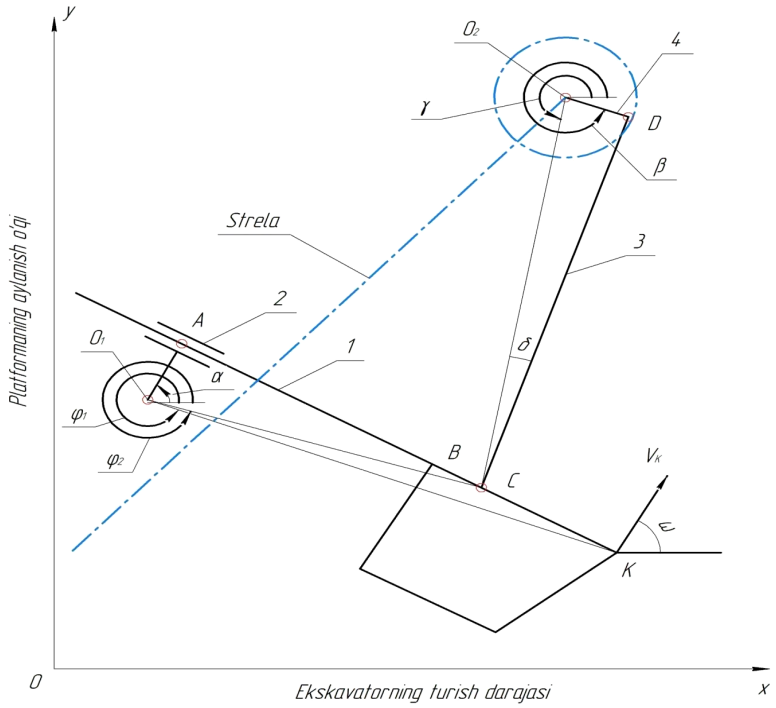
Ekskavator ish davriyligi (EKG – 5 uchun 23 *s*) harakat parametrlari qiymatlarining hisoblangan qiymatlardan sezilarli darajada og‘ishiga olib keladi, bu esa tog‘ jinslarini qazish jarayonini qiyinlashtiradi.

Turli sharoitlarda rejim parametrlari qiymatlarini shakllantirish xususiyatlarini aniqlash ish jarayonini boshqarishning oqilona algoritmini asoslash va bir cho‘michli ekskava-torning kuch berish uskunasini o‘rnatilgan quv-vatidan to‘liq foydalanishni ta’minlash imkonini beradi.

Ushbu sxemada bir cho‘michli karyer ekskavatorlarining kuch berish mexanizmlari ishlash jarayonida asosiy mexanizmlardan biri egarli podshipnik 7 joylashgan bo‘lib, uning ichki qismidagi tishli uzatma (kremaler shesterna), ya’ni dastakni (dastak pastgi qismida joylashgan tishli reka orqali) harakatga keltiruvchi uzatmaga bosim berish natijasida mexanizm tishlarini yedirilishiga hamda bosim berish mexanizmlari yuritmalarining ishchi rejmlarining o‘zgarishiga sabab bo‘ladi yoki mexanizm tishlarini sinib ketishiga olib keladi. Ushbu muammoni yechimi sifatida ekskavator cho‘michi bosim berish mexanizmlari parametrlarining tog‘ jinslari parametrlari bilan ya’ni ekskavator cho‘michi kon jinsi massasiga botiqlik nuqtasi burchagi va cho‘mich qazib olish balandliklarini uzviy bog‘liqligi chegaraviy nuqtasini belgilab olish bilan quvvat va foydali ish koeffitsientining oshishini keltirish mumkin [3-5].



1-rasm. Karyer ekskavatori ishchi a’zolari harakat parametrlari sxemasi: *1 – platforma; 2 – ikki oyoqli ustun; 3 – zarba qabul qiluvchi rolik; 4 – strela osmasi; 5 – bosim berish yuritmasi; 6 – cho‘michni ko‘tarish kanati; 7 – egarli podshipnik; 8 – strela; 9 – norvoncha; 10 – shkif; 11 – dastak; 12 – koramisla; 13 – cho‘mich*



2-rasm. Ekskavator ishchi a'zosi mexanizmi kinematik sxemasi: *1 – dastak; 2 – egarli podshipnik; 3 – cho'michni ko'taruvchi arqon; 4 – bosh bloki shkivi*

Tadqiqotning maqsadi, ekskavator dastagini harakatga keltiruvchi uzatma tishlarini (kremaler shesterna) yedirilishiga sabab bo'layotgan zo'riqmani ekskavator cho'michi kon jinsi massasiga botiqlik nuqtasi burchagi va cho'mich qazib olish balandliklarini uzviy bog'liqlik chegarasini aniqlash orqali bartaraf etishdan iborat.

Tog' jinslarini qazish jarayonida cho'michni ko'taruvchi va bosim mexanizmlarining birgalikda harakati *2-rasmda* keltirilgan.

Ekskavator ishchi a'zosi mexanizmi kinematik sxemasida cho'mich tog' jinsiga ta'sirini *K* nuqta bo'yicha *X, Y,* koordinatalaridagi proektsiyalari ifodalar orqali aniqlanadi va *K* nuqta tog' jinsiga botishi, dastakni harakati va zo'riqmasi egarli podshipnik ichidagi 2 tishli uzatmaga bog'liq bo'lib, zo'riqma asosan tishli uzatmada bo'ladi. Tishli uzatmadagi zo'riqmalar va tezliklari quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi.

1-koordinata bo'yicha cho'mich harakat trayektoriyasi asosiy tenglamalari:

$$x_{k2} = (0_2 D)\cdot\cos\varphi_3 - DC\cdot\cos\varphi_4 + CK\cdot\cos\varphi_2$$

$$y_{k2} = -(0_2 D)\cdot\sin\varphi_3 - DC\cdot\sin\varphi_4 - CK\cdot\sin\varphi_2$$

1-koordinata bo'yicha hosil qilingan tenglamalarni vaqtga bog'liqliklarini quyidagicha hosil qilinadi:

$$x_{k2}(t) = (0_2 A)\cdot\cos(\omega_3\cdot t) - DC\cdot\cos(\omega_4\cdot t) + CK\cdot\cos(\omega_2\cdot t)$$

$$y_{k2}(t) = -(0_2 D)\cdot\sin(\omega_3\cdot t) - DC\cdot\sin(\omega_4\cdot t) - CK\cdot\sin(\omega_2\cdot t)$$

bu yerda, $\varphi_3 = \omega_3\cdot t$ va $\varphi_4 = \omega_4\cdot t$ tishli uzatmani koordinatalarga bog'liqlik urchaklari.

1-koordinata bo'yicha hosil qilingan tenglamalarni vaqtga bog'liqlik tenglamalaridan dastakning harakatlanish tezligi tenglamasi tuziladi, ya'ni 1-koordinata bo'yicha vaqtga bog'liqlik tenglamasidan hosila olish natijasida tezlik tenglamasi tuziladi.

$$\vartheta_{xk1} = \frac{dx_{k1}}{dt} = -0_1 A\cdot\omega_1\cdot\sin(\omega_1\cdot t) -$$

$$AC\cdot\omega_2\cdot\sin(\omega_2\cdot t) - CK\cdot\omega_2\cdot\sin(\omega_2\cdot t)$$

$$\vartheta_{yk1} = \frac{dy_{k1}}{dt} = 0_1 A\cdot\omega_1\cdot\cos(\omega_1\cdot t) -$$

$$AC\cdot\omega_2\cdot\cos(\omega_2\cdot t) - CK\cdot\omega_2\cdot\cos(\omega_2\cdot t)$$

Hosil qilingan tenglamalardan cho'michni natijaviy tezligi aniqlanadi:

$$\vartheta_k = \sqrt{(\vartheta_{xk2})^2 + (\vartheta_{yk2})^2}$$

2-koordinata bo'yicha cho'mich harakat trayektoriyasi asosiy tenglamalari:

$$x_{k1} = 0_1 A\cdot\cos\varphi_1 + AC\cdot\cos\varphi_2 + CK\cdot\cos\varphi_2$$

$$y_{k1} = 0_1 A\cdot\sin\varphi_1 - AC\cdot\sin\varphi_2 - CK\cdot\sin\varphi_2$$

2-koordinata bo'yicha hosil qilingan tenglamalarni vaqtga bog'liqliklari quyidagicha hosil qilinadi.

$$x_{k1}(t) = 0_1 A\cdot\cos(\omega_1\cdot t) + AC\cdot\cos(\omega_2\cdot t) + CK\cdot\cos(\omega_2\cdot t)$$

$$y_{k1}(t) = 0_1 A\cdot\sin(\omega_1\cdot t) - AC\cdot\sin(\omega_2\cdot t) - CK\cdot\sin(\omega_2\cdot t)$$

bu yerda, $\varphi_1 = \omega_1\cdot t$ va $\varphi_2 = \omega_2\cdot t$ tishli uzatmani koordinatalarga bog'liqlik burchaklari.

2-koordinata bo'yicha hosil qilingan tenglamalarni vaqtga bog'liqlik tenglamalaridan dastakning harakatlanish tezligi tenglamasi tuziladi, ya'ni 2-koordinata bo'yicha vaqtga bog'liqlik tenglamasidan hosila olish natijasida tezlik tenglamasi tuziladi:

$$\vartheta_{xk2} = \frac{dx_{k2}}{dt} = -(0_2 D)\cdot\omega_3\cdot\sin(\omega_3\cdot t) +$$

$$DC\cdot\omega_4\cdot\sin(\omega_4\cdot t) - CK\cdot\omega_2\cdot\sin(\omega_2\cdot t)$$

$$\vartheta_{yk2} = \frac{dy_{k2}}{dt} = -(0_2 D)\cdot\omega_3\cdot\cos(\omega_3\cdot t) -$$

$$DC\cdot\omega_4\cdot\cos(\omega_4\cdot t) - CK\cdot\omega_2\cdot\cos(\omega_2\cdot t)$$

Hosil qilingan tenglamalardan cho'michning natijaviy tezligi aniqlanadi:

$$\vartheta_k = \sqrt{(\vartheta_{xk2})^2 + (\vartheta_{yk2})^2}$$

Ekskavator cho'michini ko'tarilganda va bosim berganda tishli uzatmaga berilgan zo'riqma kuchini topish formulasi.

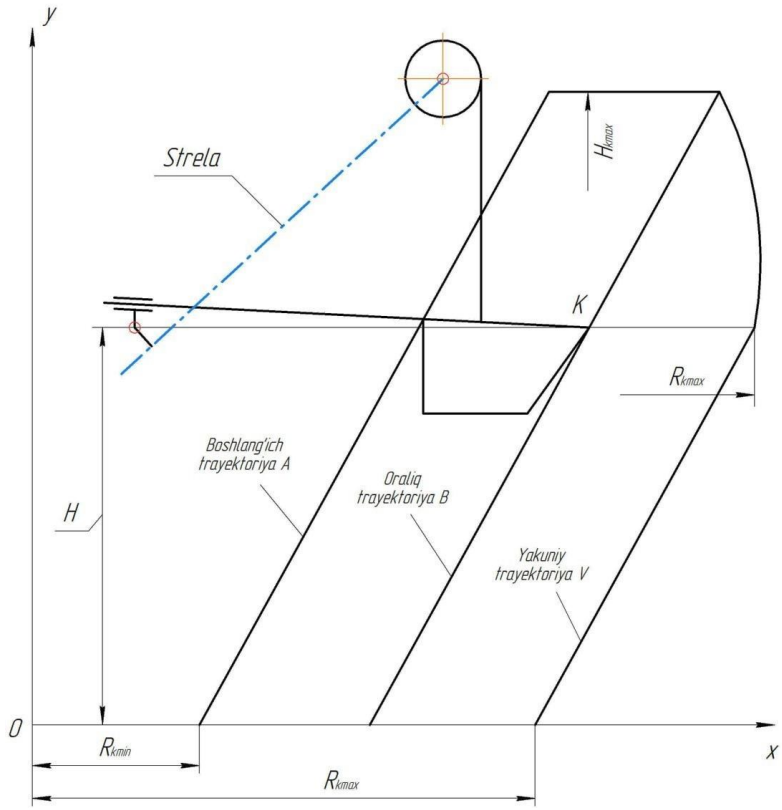
$$F = \frac{P_1 + P_2}{\sin\alpha - \dfrac{\cos\alpha\cdot\sin\beta}{\cos\beta}\cdot l}$$

bu yerda, P_1 – cho'michni og'irlik kuchi, *kN*; P_2 – dastakni og'irlik kuchi, *kN*; *α* – cho'michni ko'taruvchi po'lat arqon va dastak orasidagi burchak; *β* – absissa o'qi bilan dastak orasidagi burchak; *l* – ekskavator qazish olish joyigacha bo'lgan masofasi va balandligi, *m*.

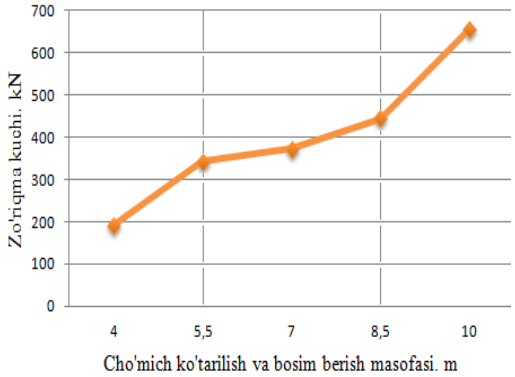
Cho'mich tog' jinsiga botirilganda hamda cho'mich tog' jinsi bilan to'la holatda ko'tarilishi ekskavatorini ishlatishning asosiy vazifasi bo'lib, unda ekskavator minimal holatidan maksimal ish holatigacha amalga oshiriladi va eng yuqori unumdorlikka erishiladi, ammo ishchi a'zolarga beradigan zo'riqma oshib ketadi va shu a'zolarni ishlab berish vaqtini kamaytiradi. Shuning uchun *3-rasmda* cho'michni harakat traektoriyalarini, ish rejimlarini optimal chegarasini va ishchi a'zolarga beridigan zo'riqma kuchlarini aniqlagan holda keltirilib, bunda pag'ona balandligiga, tog' jinsining fizik – mexanik xossalariga asoslangan holda samarali varianti taklif etiladi. Bunda, *A* traektoriya bo'yicha, *0* nuqta cho'michni tog' jinsini qazish jarayoni boshlang'ich nuqtasi, N_{mak} cho'michni maksimal cho'michlash balandligi hisoblanadi.

A traektoriya bo'yicha ekskavator cho'michi ishlatganda ishchi a'zolariga beriladigan zo'riqma kuchlari F = 191,280 *kN* teng bo'lib, ekskavtor qazib olish joyiga yaqinlashib qoladi, bu esa xavfsizlik nuqtai nazardan to'g'ri kelmaydi.

B traektoriya bo'yicha ekskavator cho'michini ishlatganda, ekskavator qazib olish joyigacha bo'lgan masofasi va balandligi *l* = 7 *m*



3-rasm. Karyer ekskavatorining ishchi zonasi: *A, B, V – cho'michning siljish traektoriyasi*



4-rasm. Zo'riqma kuchini, cho'michni ko'tarish va bosim berish masofasigi bog'liqlik grafigi

ni tashkil etganda, ishchi a'zolariga beriladigan zo'riqma kuchlari F = 372,379 *kN* ga teng bo'ladi, bu esa ekskavatorni xavfsiz va samarali ishlashiga olib keladi. *V* traektoriya bo'yicha ekskavator cho'michini ishlatganda, ekskavator qazib olish joyigacha bo'lgan masofa va balandligi *l = 10 m* ni tashkil etganda, ishchi a'zolariga beriladigan zo'riqma kuchlari F = 655,026 *kN* ga teng bo'ladi, bu esa ekskavatorni ishchi a'zolarini zo'riqib ishlashiga olib keladi.

Shularni hisobga olgan holda *4-rasmda* cho'mich dastagi tishli uzatmaga (kremaler shesterna) zo'riqma kuchi ta'siri, cho'mich dastagini ko'tarilish balandligiga hamda bosim berish uzunligiga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Ushbu grafik orqali cho'michni harakat ishchi zonasini aniqlash mumkin.

Ekskavator cho'michiga ekspluatatsiya jarayonida tushayotgan og'irlik, ishqalanish, aks ta'sir kuchlari natijasida yuzaga kelayotgan salbiy oqibatli omillar ta'sirida unumdorlikning tushib ketishi va texnik xizmat ko'rsatish, ta'mirlash ishlari vaqtini oshib ketishiga olib keladi, shuning uchun ekskavator dastagini tishli uzatma orqali harakatlanishida, tishli uzatmaga tushadigan zo'riqma kuchlari, cho'mich dastagini harakat traektoriyasining bog'liqligining optimal holati 5,5-8,5 *m* bo'lganda tishli uzatmaga zo'riqma kuchlar ta'siri kam bo'lishi va tog' jinsini qazib yuklab berish miqdori yuqori bo'lishi aniqlandi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Atakulov L.N., Haydarov Sh.B., Usmonov M.Z., Elbekov J.U. Theory of forces influencing the process of excavator bucket operation. Сборник трудов X-ой юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию АО «НАК «Казатомпром» и 20-летию ТОО «Институт высоких технологий». – Алматы: КБТУ, 2022. – С. 63-65.

2. Ataqulov L.N., Nasritdinov Sh.N., Haydarov Sh.B., Eshboeva Z.N. Factors affecting the bucket lifting mechanism in the excavator working body. O'zbekiston konchilik xabarnomasi. – № 2 – Navoiy, 2021. – 82-85 betlar.

3. Atakulov L.N., Haydarov Sh.B. Improving the excavator bucket loop. International Engineering Journal For Research & Development. – Vol. 6, Issue 4. – India, 2021, pp. 1-9.

4. Usmonov M., Elbekov J. Computational modeling of a heavy-duty car tire on ansys. Научные междисциплинарные исследования: Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Москва, 2022. – 73 с.

5. Buri Toshov, Akbar Khamzayev, Shaxlo Namozova. Development of a circuit for automatic control of an electric ball mill drive // AIP Conference Proceedings. – Volzhsky, 2022, 163-166 pp.

UO'K 621.314
DOI:10.54073/GV.2023.3.94.022

REAKTIV QUVVAT MANBALARINI O'RNATISHNING ELEKTR ENERGIYASI SIFATIGA TA'SIRINI TAHLIL QILISH

Tovboyev A.N.,
NDKTU «Elektr energetikasi»
kafedrasi dotsenti, t.f.n

Tog'ayev I.B.,
NDKTU «Elektr energetikasi»
kafedrasi assistenti

Ushbu maqolada sanoat korxonalarining elektr ta'minoti tarmoqlarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish uchun reaktiv quvvat kompensatsiyasi bo'yicha amaliy tavsiyalar berildi. Shuningdek so'nggi yillarda elektr energiyasi sifatini oshirish, iste'molchilarga sifatli va uzluksiz elektr energiyasini yetkazib berish, elektr ta'minoti tizimlarining ishonchliligini loyihalash hamda ishlab chiqarishning texnologik jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatishi keltirib o'tildi.

Tayanch iboralar: *elektr energiyasi isroflari, reaktiv quvvat kompensatsiyasi, statik kondensatorlar, havo elektr uzatish liniyasi, aktiv quvvat isroflari,elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari, reaktiv quvvat manbalari, kuchlanishni rostlash, kuch transformatorlari.*

В данной статье даны практические рекомендации по компенсации реактивной мощности для повышения эффективности использования электроэнергии в сетях электроснабжения промышленных предприятий. Также в последние годы отмечено улучшение качества электроэнергии и обеспечение потребителей качественной и бесперебойной подачей электроэнергии, оказывающей значительное влияние на проектирование и технологический процесс производства надежности систем электроснабжения.

Ключевые слова: *потери электроэнергии, компенсация реактивной мощности, статические конденсаторы, воздушная линия электропередачи, активные потери мощности, показатели качества электроэнергии, источники реактивной энергии, регулировка напряжения, силовые трансформаторы.*

Hozirgi vaqtda elektr energiyasi iste'molchilarini sifatli, uzluksiz, shuningdek ishonchli elektr energiyasi bilan ta'minlash masalalari asosiy ahamiyatga ega. Buning uchun bir qator holat va parametrlarni ko'rib chiqiladi. Ya'ni elektr uzatish liniyalari tomonidan uzatiladigan aktiv, reaktiv, hamda kuchlanish isroflari, kuchlanishni keng darajada o'zgartiradigan kuch transformatorlaridagi isroflar, energiya isroflari nazoratga olinib ularni kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlar ishlab chiqish, va ishlab chiqarish korxonalarida qo'llash amaliy ahamiyatga ega. Asosan elektr tarmoqlarida isroflar sodir bo'lishini inobatga olgan holda reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish orqali kuchlanish va aktiv quvvat isrofini kamaytirish kabi holat va jarayonlar tadqiqot etildi. Bunda dastlab elektr tarmoqlaridagi isroflarning hozirgi vaqtdagi ko'rsatkichlari tahlili o't-kazilib, ular bo'yicha tegishli tarzda kamaytirish yo'llari keltirib o'tildi. Shuningdek ushbu maqolada elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari bo'lgan kuchlanishning og'ishi va tebranishi, chastotaning og'ishi va tebranishi, o'zgaruvchan tokning nosinusoidalligi va nosimmetriyasi ham o'rganildi.

Reaktiv quvvat manbalari sifatida biz sinxron kompensatorlarni, kuchlanishni rostlashni, statik kondensator batareyalarini, shunt yordamida boshqariladigan reaktorlarni ko'rishimiz mum-kin.Yuqoridagilar tarkibidan sinxron kompensatorlarning afzalliklari quyidagilardan iborat: kuchlanishni rostlash ta'siri, bu tarmoqdagi kuchlanish pasayganda, kompensatorning ishlab chiqarilgan quvvati oshadi hamda avtomatik bo'lish imkoniyati yaratilgan bo'lib, reaktiv quvvatni tartibga solish, yetarli issiqlik, elektrodinamik qarshilikka, qisqa tutashuv paytida kompensator chulgamlarining bardoshliligiga, shi-kastlangan sinxron kompensatorlarni ta'mirlash ishlarini bajarish orqali tiklash imkoniyatiga egadir. Sinxron kompensatorlarning kamchiliklari xarajatlarning ko'tarilishi va ishlashning murakkabligi (masalan, kondensator batareyalari bilan taqqoslaganda) va ish paytida sezilarli shovqinni o'z ichiga oladi. Sinxron kompensatorlarda aktiv quvvatning to'liq yuklanishida yo'qotishlarida juda muhim va nominal quvvatga qarab 0,011 dan 0,03 kvt/kvar gacha o'zgaradi. Sinxron kompensatorlarning o'ziga xos qiymati va aktiv quvvat yo'qotishlari ularning nominal quvvatining pasayishi bilan sezilarli darajada oshadi [1].

O'rganilayotgangan elektr ta'minoti tizimining nazorat qismlarida kuchlanish va aktiv quvvat qiymatlarining pasayishiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar aniqlandi va elektr energiyasi sifatining mavjud ko'rsatkichlari tahlil qilindi. Buning natijasida kuchlanish va reaktiv quvvatning tok kuchiga va elektr ta'minoti tarmog'iga bog'liqligi aniqlandi. Elektr ta'minoti tizimida elektr energiyasi sifatini oshirishda reaktiv quvvat manbalarini joriy etishdan oldin va keyin tarmoqdagi quvvat yo'qotishlarini hisoblandi va qiyosiy tahlil qilish amalga oshirildi. Shuningdek bu sohaning o'rganishdagi asosiy dolzarbliklaridan biri so'nggi paytlarda rivojlangan mamlakatlarda elektr energetikasining rivojlanishi elektr ta'minoti tizimlarining samaradorligini yanada oshirish, tarmoq ob'yektlarini qurish va ulardan foydalanish xarajatlarini kamaytirish, elektr ta'minotining ishonchliligini oshirish uchun eng yangi texnologiyalarni intensiv izlash bilan tavsiflanadi va energiya xavfsizligini oshirish kabi holatlarni ham o'z ichiga oladi. Elektr energiyasini ishlab chiqarishdan foydalanishgacha talabning o'zgarishi bilan, ob-havo sharoiti, transformator fazalariga muvozanatsiz yuklama bilan uzatish uchun energiya tizimining murakkabligi, shuningdek iste'molchilar tomonidan murakkab va elektron jihozlardan foydalanish va boshqa ko'plab omillar kuchlanishni tartibga solish imkoniyatlarini ochib beradi va yetkazib beriladigan elektr energiyasi sifatini pasaytirishga sabab bo'lishi mumkin. Kundalik ish vaqtida elektr ta'minoti tizimlarida haddan tashqari past kuchlanishda ham buzilishlar paydo bo'lishi mumkin, bunday holatlarda kuchlanishni tartibga solish orqali bartaraf etilishi mumkin. Elektr ta'minoti tizimining tegishli darajalarida reaktiv quvvatni ishlab chiqarish, uzatish va iste'mol qilishni nazorat qilish orqali o'zgaruvchan tok kuchlanishini boshqarish va maqbul chegaralarda

ushlab turishi yo'qotishlarini kamaytirishi mumkin [2]. P=const bo'lgan vaqtda quvvat koeffiyisentini pasaytirish yoki reaktiv quvvat iste'molini oshirish quyidagi ketma ketlikda tashkil etiladi:

Aktiv quvvat isroflarining oshishi:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

Bu yerda P-aktiv quvvat kVt, Q-reaktiv quvvat kVar, R-liniyaning aktiv qarshiligi kOm, U-nominal kuchlanish kV.

Kuchlanish isrofini oshirish:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

bu yerda *P* – aktiv quvvat, *kVt*;

Q – reaktiv quvvat, *kVar*;

R – liniyaning aktiv qarshiligi, *kOm*;

U – nominal kuchlanish, *kV*;

X – liniyaning reaktiv qarshiligi, *kOm*.

Doimiy isroflarni kamaytirish:

$$S = \frac{\rho l P^2}{\Delta P U^2 \cos\phi}$$

bu yerda *p* – solishtirma qarshilik;

$\cos\phi$ – aktiv quvvat koeffiyisenti.

Reaktiv quvvat manbalarini tashkil etishning asosiy mezonlari reaktiv quvvat koeffisiyentini kamaytirish, iste'molchilar uchun rostlanadigan kuchlanish qiymatlarini ta'minlash va tarmoqdagi yo'qotishlarni kamaytirishdan iboratdir [3]. Shuningdek atrof-muhit haroratida izolyatsiyalanmagan alyuminiy po'lat o'tkazgichlar uchun ruxsat etilgan uzoq muddatli fasllar kesimidagi quvvat qiymatlari *1-jadvalda* keltirilgan.

Elektr uzatish tarmoqlarida uzatiladigan yoki iste'mol qilinadigan deyarli barcha energiyani ikkita quvvat ta'minlaydi yoki iste'mol qiladi: Aktiv quvvat va reaktiv quvvat. Aktiv quvvat va reaktiv quvvat tizimning ishonchliligini ta'minlash uchun boshqarilishi kerak bo'lgan kuchlanishni ushlab turish kabi holatlarda foydali ishlaydi. Reaktiv quvvat iste'molchiga uzatish va tarqatish tizimi orqali aktiv quvvatni uzatish uchun talab qilinadi. O'zgaruvchan tok tizimlarda kuchlanish va tok chastotasida pulsatsiyalanadi. O'zgaruvchan kuchlanish va tok bir xil chastotada pulsatsiyalansa-da, ular turli vaqtlarda eng yuqori darajaga ko'tariladi. Aktiv quvvat yo'qotishlarini kamaytirish va elektr energiyasining sifatini oshirish holatlarini tahlil qilish quyidagi vazifalarni hal qilish bilan amalga oshiriladi:

Aktiv quvvat yo'qotishlarini kamaytirish uchun energiya ta'minoti tizimi va elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi korxonalarining zaxiralarini aniqlash va baholash.

Aktiv quvvat yo'qotishlarini darajasini belgilovchi asosiy omillarni aniqlash va tartiblash.

Elektr energiyasini tejash orqali, ulardan samarali foydalanish.

Elektr ta'minotini rivojlantirish uchun zarur bo'lgan kapital talablarini qurish va texnik xizmat ko'rsatishni kengaytirish.

Elektr tarmoqlarining kuchlanish darajasini, quvvat yo'qotishlarini reaktiv quvvat taqsimoti bo'yicha optimallashtirish.

Yuklama ostida kuchlanishni rostlaydigan kuch transformator pozitsiyalarini tog'ri hisoblash.

Yuklama ostida kuchlanishni rostlaydigan avtotransformatorning qarshiligidagi o'zgarishlarni hisobga olish.

Elektr uzatish liniyalari va transformatorlarning ruxsat etilgan tok yuklamasini, shu jumladan ruxsat etilgan tokning haroratga bog'liqligini hisobga olgan holda, tahlil qilish.

Energiya tizimi asosan aktiv quvvat bilan ishlaydi. Shuning uchun, energiya tizimi juda ko'p iste'molchilarni quvvat bilan ta'minlaydi va ko'p sonli quvvat bloklarini ishlatadi. Iste'molning o'zgarishi bilan uzatish tizimining reaktiv quvvatiga qo'yiladigan talablar xam o'zgaradi. Reaktiv quvvatni uzoq vaqt davomida uzatish mumkin emasligi sababli, kuchlanishni tartibga solish elektr tarmog'ida yetarli kuchlanish darajasini saqlab turish qiyin bo'lgan energiya tizimida joylashgan maxsus qurilmalar yordamida amalga oshiriladi. Elektr ta'minotining ishonchliligi va yetkazib beriladigan elektr energiyasi sifatiga tobora ortib borayotgan zamonaviy talablar (tezkor, ishonchli, uzoq muddatli qo'llaniladigan) qurilmalardan foydalanishga majbur qiladi. Reaktiv quvvat va kuchlanish barqarorligini kuzatish uchun ular qiymatlarini to'g'ri tanlash va muvofiqlashtirish energiya tizimlarini loyihalashning asosiy vazifalaridan biridir. Ushbu muammolar reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishga olib keldi [4].

Hisoblashda ko'rsatilgan quvvatlardan ham, bu quvvatlarga mos keluvchi toklarning qiymatlaridan ham foydalanish mumkin. Bir necha kilometr uzunlikka ega bo'lgan, xususan, 6-10 *kV* kuchlanishga ega bo'lgan liniyalarda simning induktiv qarshiligining liniyadagi kuchlanish yo'qolishiga ta'sirini hisobga olish kerak. Hisoblanishlar uchun mis va alyuminiy simlarning induktiv qarshiligi 0.32-0.44 *Om / km* deb qabul qilinishi mumkin va undan past qiymat 95 *mm*^{2} dan yuqori o'tkazgichlar (500-600 mm) va o'tkazgich ko'ndalang kesim yuzalari orasidagi kichik masofalarda va undan yuqori qiymat-1000 mm va undan yuqori masofalarda 10-25 mm^2 kesimlarida olinishi kerak.

Elektr tarmoqlarini loyihalash va ishlatish tajribasini hisobga olgan holda, kuchlanish yo'qotilishining quyidagi ruxsat etilgan qiymatlari qabul qilinadi: Past kuchlanish uchun transformatorning eng uzoq iste'molchiga 6% va bu yo'qotish taxminan quyidagicha taqsimlanadi: Stansiyadan yoki bosqichma-bosqich transformator nimstansiyasidan va xonaga kirishdan oldin yuklanish zichligiga qarab 3.5 dan 5% gacha, eng uzoq iste'molchiga 1 dan 2.5% gacha, yuqori kuchlanishli tarmoqlaridagi 8%, kabel tarmoqlarida favqulodda tarmoq rejimida 10% va havo tarmoqlarida 12% gacha ruxsat etiladi.

Korxonalarning texnologik jarayonlari va boshqa elektr qabul qilgichlarni yetkazib beruvchi 0,4 kV kuchlanishli taqsimlovchi tarmoq uchun loyihaviy sxemasi tuzildi va kuchlanishning yo'qolishi alohida bo'limlarda hisoblandi. Bunday hollarda hisob-kitoblarning qulayligi uchun maxsus jadvallardan foydalanamiz. Quyida 0,4 kV kuchlanishli alyuminiy simlar bilan uch fazali yuqori kuchlanish liniyadagi kuchlanish isroflarini *2-jadvalda* ko'rsatilgan.

Kuchlanishi past elektr tarmoqdan reaktiv quvvat iste'moli oshishini ta'minlash va yo'qotishlarni kamaytirish uchun elektr tarmoqlaridagi o'tkazgichlar va kabellarning ko'ndalang kesim yuzalarini ko'paytirish zaruratini keltirib chiqaradi. Shuning uchun past darajadagi isroflarni nimstansiyalarning reaktiv quvvat uzatish orqali ortiqcha yuklanishiga olib keladi va shu sababli transformatorlarning quvvatini yoki ularning sonini oshirish kerak.

1-jadval

O'tkazgichlarning turli xil ko'ndalang kesim yuzalari uchun fasllar kesimida quvvat o'zgarishlari

O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi, *mm*^{2}	t = 25°C k = 1	Qish fasli uchun t = 0ºC k = 1,24	Yoz fasli uchun t = 40ºC k = 0,81	Kuz fasli uchun t = 18ºC k = 0,65	Bahor fasli uchun t = 25ºC k = 0,72
AP-300	255	316	206	185	195
AP-240	219	272	177	160	165

2-jadval

Turli ko'rinishdagi ko'ndalang kesim yuzalariga ega bo'lgan havo elektr uzatish liniyalaridagi kuchlanish isroflari

Nominal kesim yuzasi, *mm*^{2}	Nisbiy kuchlanish yo'qotishlari, *1 kvt · km* ga%, reaktiv quvvat koeffisiyenti orqali								
25	1,02	0,88	0,75	0,62	0,53	0,48	0,36	0,28	0,90
35	1,52	1,58	1,55	1,52	1,50	1,49	1,46	1,44	1,37
50	1,13	1,10	1,07	1,03	1,02	1,00	0,97	0,96	0,89
70	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,75	0,72	0,70	0,64

3-jadval

Ko'rib chiqilayotgan ob'yektga qarab 220 *kV* kuchlanishli nimstansiyaning loyihaviy ma'lumotlari

Turi	N_{boshi}	N_{oxiri}	Nimstansiyalarning nomlanishi	R	X	V	P_{boshi}	Q_{boshi}	I_{max}
HEUL	1	2	IES-17 - A NS	7,30	29,20	-183,0	-188	-48	491
HEUL	1	3	IES -17 - D NS	21,00	69,20	-453,0	-149	-19	384
HEUL	1	4	IES -17 - B NS	19,80	78,80	-494,0	-172	-34	449
HEUL	2	4	A NS- B NS	12,60	50,20	-315,0	-156	-19	419
HEUL	3	10	D NS- Z NS	9,00	29,60	-194,0	-124	-2	340
HEUL	10	11	Z NS- F NS	12,20	40,20	-263,0	-48	-7	142
HEUL	10	15	Z NS- V-Z NS	11,20	44,40	-278,0	-102	19	292
HEUL	13	14	NS V_1- NS V_2	5,60	22,10	-138,0	78	-23	233
HEUL	14	15	NS V_2- NS V_3	6,50	25,70	-161,0	85	-23	253
HEUL	4	9	B NS- F NG	4,70	18,70	-117,0	-54	-9	155
HEUL	9	11	G NS- F NS	8,50	33,90	-213,0	-45	-6	135
HEUL	11	12	F NS- O NS	1,70	6,70	-42,0	-8	-3	27
HEUL	11	12	F NS- O NS	1,40	5,70	-37,0	-9	-4	31
HEUL	4	5	B NS- M NS	0,10	0,30	-1,6	-26	-4	72
HEUL	4	5	B NS- M NS	0,10	0,30	-1,6	-26	-4	72
HEUL	4	6	B NS- M_1 NS	0,10	0,30	-1,6	-31	-5	86
HEUL	4	6	B NS- M_1 NS	0,10	0,30	-1,6	-31	-5	86
HEUL	4	7	B NS- M_2 NS	0,10	0,40	-2,7	-35	5	98
HEUL	4	7	B NS- M_2 NS	0,10	0,40	-2,7	-35	5	98
HEUL	4	8	B NS- K NS	1,10	3,40	-22,0	-11	-2	31
HEUL	4	8	B NS- K NS	1,10	3,50	-23,0	-10	-2	30
HEUL	4	10	B NS- Z NS	3,50	11,60	-76,0	-54	5	152

4-jadval

Ko'rib chiqilayotgan ob'yektga qarab 35 kV kuchlanishli nimstansiyaning loyihaviy ma'lumotlari va kuchlanish hamda elektr energiyasi isroflari

O'tkazgich ko'ndalang kesim yuzasi	Kuchlanish isrofi, %				Elektr energiyasi isrofi, *kvt · soat*
	Uchastka	boshida kV	Uchastka	oxirida	
AP	Kunduzgi		Kechasi		
AP 35/6,2	0,822	17,732	1,34	19,6	5038,155045
AP 35/ 6,2	3,03	16,91	3,04	18,26	45311,27494
AP 35/6,2	3,82	13,88	4,34	15,22	39269,77161
AP 35/6,2	1,96	12,02	2,68	13,56	14516,13438
Elektr energiyasining umumiy isroflar, *kvt · soat / yil*					354208,9251

Shuningdek tekshirilayotgan nimstansiyalardagi turli xil yuqori kuchlanishli nimstansiyalarning loyihaviy nominal parametrlari *3-jadvalda* ko'rsatilgan.

Reaktiv quvvat yuqotilishini minimallashtirish aktiv energiyaning narxi bilan bog'liq operatsion xarajatlarni kamaytirishi mumkin. Masalan faqat ko'rib chiqilgan yuqoridagi nimstansiyalar uchun chora-tadbirlarning qabul qilinishi aktiv quvvatning ortiqcha yuqotilishlarini kamaytirishga va kuchlanishlar hamda liniya qarshiliklarining mavjud parametrlarini o'zgartirishga imkon beradi. imkon beradi [5]. Shuningdek kuchlanishi 35 *kV* bo'lgan tarmoqlarning mavjud holatlari bilan *4-jadvalda* ko'rib chiqamiz.

Agar biz umuman elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatning yo'qotilishini kamaytirishning tizimli samarasini va kompleks ta'sirni aniqlasak, u ancha yuqori darajada bo'ladi. Elektr energiyasini va quvvatni iste'molchilarga yetkazib berish jarayonida elektr tarmoqlarining har bir elementida isroflar sodir bo'ladi. 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. Reaktiv quvvat manbalarini qo'llash natijasida bevosita isroflar kamaydi va bu holatni biz *5-jadval* yordamida ko'rishimiz mumkin. Ma'lumotlarni tahlil qilib, tarmoqdagi aktiv quvvat yo'qotishlari miqdori sezilarli darajada kamayganligi haqida xulosalar chiqarishimiz mumkin.Shu bilan birga reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishda yuqori kuchlanishli tarmoqlarda tok chegaralovchi reaktorlar, yarim o'tkazgichli tranzistorlar va kommutatsiya qurilmasi bo'lgan kontaktorlardan ham foydalanish mumkin.

Elektr energiyasi sifatini yaxshilaydigan qurilmalardan foydalanish, garmonikani blokirovka qilish uchun filtrdan foydalanish, shuningdek elektr inshootlarini to'g'ri o'rnatish asosiy yechimlardandir.

Ma'lumotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, reaktiv quvvat manbalari joriy etilgandan so'ng tarmoqdagi aktiv quvvat yo'qotishlari miqdori sezilarli darajada kamaydi, bu esa liniyalarning quvvatini oshirishga imkon berdi, tarmoqdagi kuchlanish darajasi o'rtacha 5,6% ga oshdi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, o'rganilayotgan hududda amalga oshirilayotgan reaktiv quvvat manbalari loyihasi 220 *kV* kuchlanishli loyiha hisoblanadi va u o'zini to'liq oqlaydi.

Reaktiv quvvat manbalarini o'rnatilishi bir nechta muammolarni qisman yoki to'liq hal qilganligi sababli, quvvat blokining nazorat punktlarida kuchlanish darajasini barqarorlashtirish va oshirish, shu bilan elektr energiyasining sifatini yaxshilash, tarmoqlarni reaktiv quvvatdan tushirish orqali elektr tarmog'ining statik va dinamik barqarorligini yaxshilash, shu bilan birga quvvatni oshirish, elektr uzatish liniyalarining avariya holatlarida rejimlarni barqarorlashtirish, elektr tarmoqlarining ishonchliligini oshirishga imkon yaratdi [9].

Xulosa qilib ta'kidlashimiz mumkinki elektr tarmoqlari ish tartibining analiz vaqtida mavjud elektr tarmoqlar va transformatorlarning ish rejimlarini tahlil qilish va havo elektr uzatish liniyalaridagi quvvat taxlildan o'tkazildi.

Havo elektr uzatish liniyalarida quvvatlar (aktiv va reaktiv) ning mavjud parametrlari bilan tanishib matematik jihatdan asoslab berildi.

Reaktiv va aktiv quvvat isrofini kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni maqsadga muvofiqligi va ularni amalga oshirishni ko'rib

5-jadval

Reaktiv quvvat manbalari o'rnatilishdan avvalgi va keyingi holatda aktiv quvvat o'zgarishi

N_{boshi}	N_{oxiri}	Nimstansiya-larning nom-lanishi	Turi	RQM ni o'rnatilishidan oldin		RQM ni o'rnatilgandan keyin		Farq	
				ΔP	ΔP%	ΔP	ΔP%	ΔP	ΔP%
1	2	B NS- M NS	HEUL	5,23	2,78	4,87	2,60	0,36	0,18
1	3	IES-17 - A NS	HEUL	9,26	6,21	8,53	5,84	0,73	0,37
1	4	IES -17 - D NS	HEUL	11,91	6,92	11,12	6,47	0,79	0,45
2	4	IES -17 - B NS	HEUL	6,63	4,25	6,20	3,97	0,43	0,28
3	10	A NS- B NS	HEUL	3,12	2,52	2,83	2,32	0,29	0,2
10	11	D NS- Z NS	HEUL	0,70	1,46	0,60	1,25	0,1	0,21
10	15	Z NS- F NS	HEUL	2,82	2,76	2,46	2,44	0,36	0,32
13	14	Z NS- V-Z NS	HEUL	0,90	1,15	0,80	1,04	0,1	0,11
14	15	NS V_1- NS V_2	HEUL	1,22	1,44	1,07	1,27	0,15	0,17
4	9	NS V_2- NS V_3	HEUL	0,33	0,61	0,31	0,57	0,02	0,04
9	11	B NS- F NG	HEUL	0,45	1,00	0,42	0,91	0,03	0,09
11	12	G NS- F NS	HEUL	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
11	12	F NS- O NS	HEUL	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
4	10	F NS- O NS	HEUL	0,24	0,44	0,32	0,57	-0,08	-0,13

chiqilib, elektr uzatish tarmoqlariga ta'sirini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar berildi. Shuningdek reaktiv quvvat, uni kompensaatsiya qilish, reaktiv quvvat manbalari va ularni o'rnatish natijasida elektr energiya-sining sifati yaxshilanishi, iste'molchilarga sifatli,uzluksiz va ishonchli yetkazib berish hozirgi zamon energetikasining asosini tashkil etadi.

Shuningdek tadqiqotlar natijasida quyidagilarni keltiramiz:

Reaktiv quvvatning yo'qolishi elektr tarmoqlarining samaradorligi va ishonchliligiga jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda,ularning ko'payish darajasi taqsimot tarmog'i komplekslari yo'qotilishining pasayishiga olib keladi.

Taklif etilayotgan elektr tarmoqlari parametrlarining reaktiv quvvat yo'qotish miqdoriga ta'sirini aniqlashga imkon beradigan vaziyat holatida kontaktlarning zanglashini tahlil qilish usuli taklif qilingan.

Taqsimlovchi tarmoqlarda elektr energiyasining va reaktiv quvvat yo'qotishlarini tarkibiy tahlil qilish uchun statistik usul ishlab chiqilgan bulib,u energiya yo'qotishlarini aniqlashda ishlatiladigan ma'lumotlarning ish sharoitida qayd etiladi.

Reaktiv quvvat manbalarini qo'llash orqali aktiv quvvat va kuchlanish yo'qotishlarni aniqlash va isroflarni kamaytirish chora-tadbirlari ishlab chiqildi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. Uch fazali ferromagnit elementlarga ega bo'gan uch fazali zanjirlarda subgarmonik tebranishlarning harakat tenglamasi. Ilm-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.

2. 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. 3-7.

3. Савина Н.В., Мясоедов Ю.В. Систематические исследования потерь электроэнергии при эксплуатации распределительных электрических сетей // Вестник ИрГТУ. № 1 (60). – Иркутск: ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 2012. – С. 142-148.

4. Ibadullaev, M.,Tovbaev, A.N.Research of Ferro-resonance Oscillations at the Frequency of Sub-harmonics in Three-Phase NonLinear Electric Circuits and Systems//International Conference on Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems, E3S Web of Conferences 216, 01113 (2020) RSES 2020, pp. 120-124.

5. Ibadullaev M., Tovbaev A.N. Research of Ferro-Resonance Oscillations at the Frequency of Sub-harmonics in Three-Phase Non-Linear Electric Circuits and Systems//International Conference on Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems, RSES 2020. Kazan, Russian Federation. 21-26 September, 2020. E3S Web of Conferences. – Volume 216, 14 December. 2020, pp.14-18.

6. Tovbaev A.N., Mardonov D.Sh., Mamatazimov A.X., Samatova S.S. Analysis of sub-harmonic oscillations in multi-phase ferro-resonance circuits using a mathematical model //Scopus: Apitech III 2021. Journal of Physics: Conference Series 2094 (2021) 052048 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2094/5/052048 pp.260-216.

7. Tovboev A.N., Ibodulaev M., Baranova M., Grishina I. Analysis of auto-parametric oscillations in three-phase electroferromagnetic circuits // Scopus: MIP: Engineering-2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862(2020) 062041 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/862/6/062041, pp.14-20.

8. Левченко И.И., Засыпкин А.С., Аллилуев А.А., Сасуки Е.И. Эксплуатация, ремонт и контроль воздушных линий электропередач в гололедных районах. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с.

9. Халеско Ю.С. Трата электроэнергии. Реактивная сила. Учебное пособие по качеству электроэнергии. – М. Издательский дом МЭИ, 2009. – 456 с.

UO‘K 621.3.02 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.023

KONCHILIK KORXONALARIDAGI ELEKTR DVEGATELLARINI ISH SAMARADORLIGIGA ChASTOTALI O‘ZGARTIRGIChLARNING TASIRINI MATLAB SIMULINK DA TAHLILI

Boynazarov G‘.G‘.,
NDKTU «Elektr energetika» kafedrasi doktoranti

Zaripov Sh.U.,
«NKMK» AJ Markaziy loyihalash byurosi boshlig’I o’rinbosari, t.f.n.

Muminov R.O.,
NDKTU «Mashinasozlik texnologiyasi» kafedrasi professori, t.f.d.

Maxmudov Sh.A.,
NDKTU «Konchilik elektr mexanikasi» kafedrasi dotsenti, PhD.

Ushbu maqolada konchilik korxonalaridagi asinxron matorlarning samaradorligiga chastota o‘zgartirgichlarning qanday tasir qilishin masalasini ko‘rib chiqilgan. Buning uchun MATLAB ilovasining Simulink dasturi yordamida keng ko‘lamli ilmiy izlanish va tajribalar o‘tkazildi hamda imitatsion model ishlab chiqilgan. Bu esa iste’mol qilingan quvvat va cos φ quvvat koeffitsienti, sinusoidal kuchlanish hamda keng impulsli modulyatsiya yordamida hosil bo‘ladigan kuchlanish bilan asinxron matorli elektr yuritmaning energiya samaradorligini baholashga imkon beradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra chastota o‘zgartirgich orqali ulangan asinxron matorning samaradorligi sinusoidal kuchlanish taminotidan farqli o‘laroq 2-6% gacha kamayishi aniqlandi.

***Tayanch iboralar**: chastota, chastotali o‘zgartirgich, chastotali boshqariladigan elektr yuritma, asinxron mator, asinxron matorning samaradorligi, elektr taminoti, matorni ishga tushirish, filtirlovchi zvenolar.*

В настоящей работе рассматриваются вопросы о том, как частотные модификаторы влияют на эффективность асинхронных двигателей на горнодобывающих предприятиях. Для этого были проведены масштабные научные исследования и эксперименты с использованием программы Simulink приложения MATLAB, а также разработана имитационная модель. Которая представляет собой потребляемую мощность и коэффициент мощности cos φ, используя синусоидальное напряжение, а также напряжение, генерируемое широкоимпульсной модуляцией, асинхронный преобразователь позволяет оценить энергоэффективность электрической цепи. По результатам исследования было установлено, что КПД асинхронной сети, подключенной преобразователем частоты, снижается на 2-6%, в отличие от источника синусоидального напряжения.

***Ключевые слова:** частота, преобразователь частоты, частотно-регулируемый электропривод, асинхронный двигатель, КПД асинхронного двигателя, источник питания, пуск двигателя, фильтрующие установки.*

Asinxron matorlar elektr mashina sifatida ishlab chiqarishda keng ko‘lamda qo‘llaniladi.

Rivojlangan mamlakatlarda ishlab chiqarilgan elektr energiyasining qarib yarmini elektr matorlar tamonidan iste’mol qilinadi, ulardan 90% dan ortig‘i asosan asinxron matorlar hisoblanadi. Asinxron matorlardan asosan rotorning aylanishi doimiy tezligiga ega nisbatan uzoq vaqtga mo‘ljallangan tizimlarda umumiy foydalanish uchun ishlatiladi. Shunga qararmay bir necha o‘n yilliklardan buyon kuchli elektron qurilmalar o‘zgartirgichli texnologiyalarining jadal rivojlanishi chastotani o‘zgartirish orqali tezlikni samarali boshqarishni taminlashga imkon bermoqda. Bu esa chastotali boshqariladigan asinxron matorlarning paydo bo‘lishiga olib keldi. Asinxron matorlar bilan chastota o‘zgartirgichlardan foydalanish, boshqa turdagi tezlikni boshqarish echimlariga nisbatan afzalliklarga ega. Chastotali boshqariladigan elektr yuritmaning asosiy afzalliklari qo‘yidagilardan iborat:

– elektr matorlari rotorlarining aylanish tezligini tekis boshqarish (rostlash);

– elektr matorlarini silliq ishga tushirish;

– elektr yuritmalarida texnik iqtisodiy qism tejamkorligi bilan birga mexanik xarakteristikasini yuqori ishonchliligi.

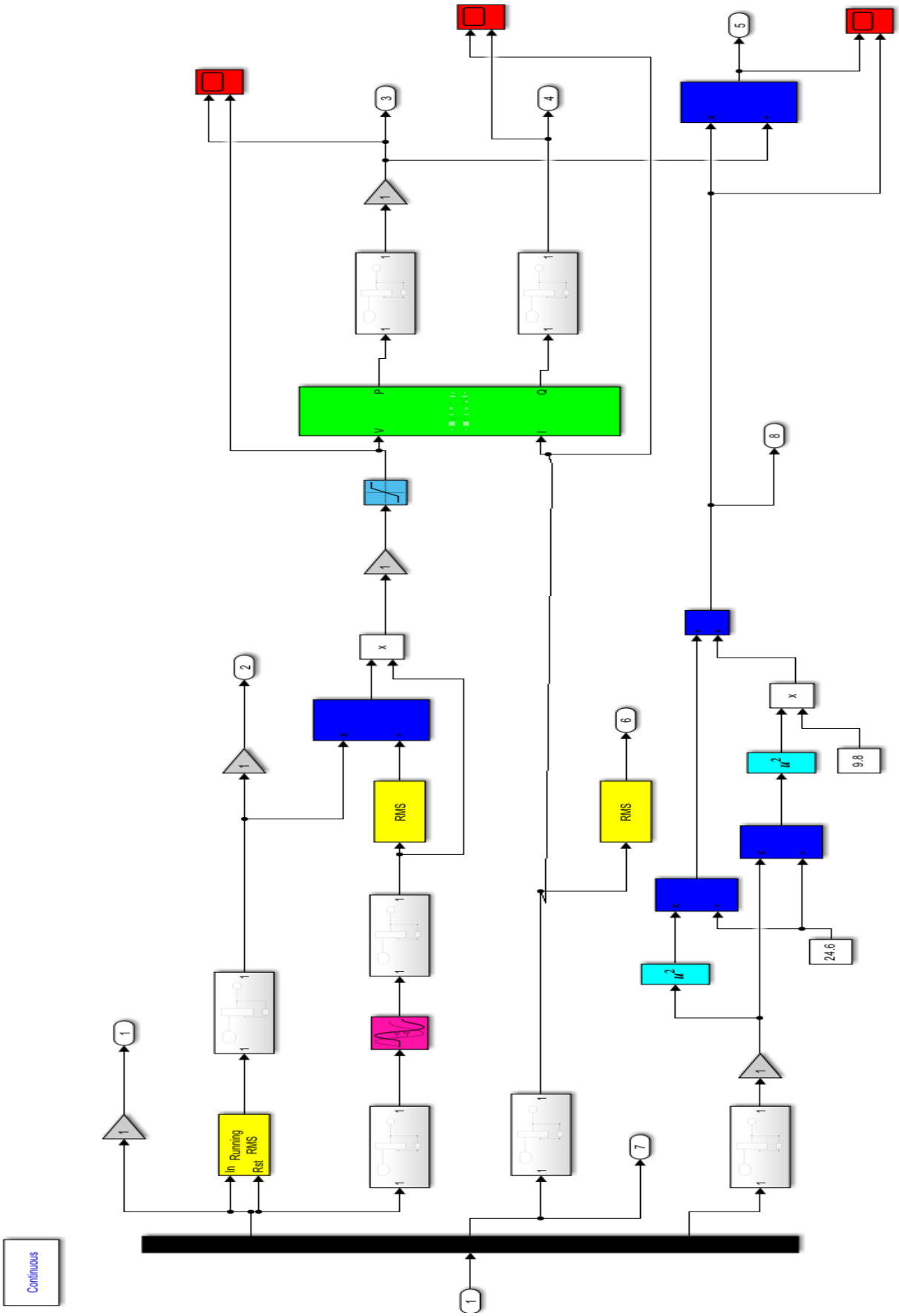
Elektr dvegatellarni boshqarishda ChO‘ xususan, maromlashtiruvchi zvenolar, invertor va boshqaruv tizimlaridan (BT) iborat. To‘g‘rilagichli zanjir diodli ko‘prik o‘zgartirgichi yordamida o‘zgaruvchan kuchlanishni o‘zgarmas doimiy maromlashga aylantiradi. Maromlashtiruvchi zveno to‘g‘rilanadigan kuchlanishning pulsatsiyasni tekislaydi. Invertorning kirishiga fil’tr zvenosi chiqishidan o‘zgarmas kuchlanish beriladi va bu inventorni uch fazali o‘zgaruvchan kuchlanishiga aylantiradi. Ko‘pincha invertorning kuch qismining sxemasi ikki tomonlama o‘tkazuvchanlikka ega oltita *IGBT* tranzistoridan iborat uch fazali ko‘prik sxemasi sifatida amalga oshiriladi.

Chiqish chastotasini tartibga solish BS boshqaruv signalining invertorga tasiri bilan tartibga solinadi. Invertorni boshqarish tizimiga berish signali *IGBT* tranzistorlarini qo‘llanilib bir qator impulslarga aylantirib, chiqish kuchlanishi va chastotasining amplitudasini sozlash imkoniyatini beradi.

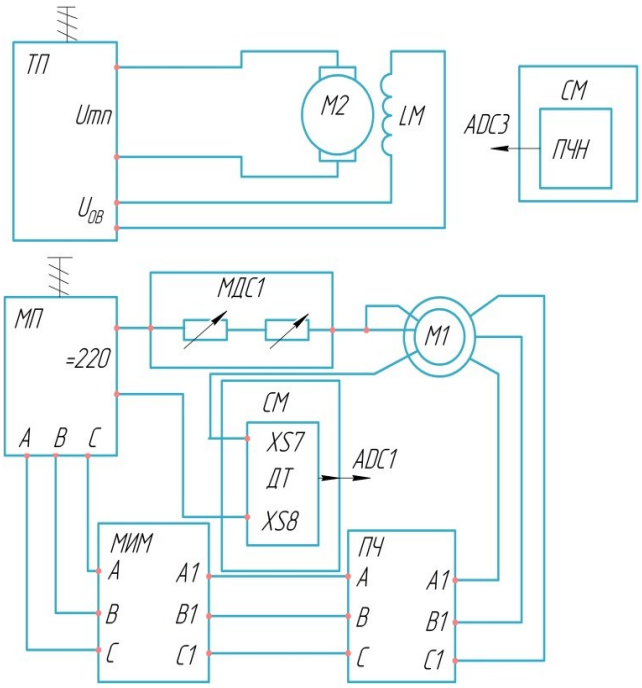
Chiqishdagi o‘zgaruvchan kuchlanish chastota o‘zgartirgich kuchlanishining qiymati bilan aniqlanadi [1].

Aksariyat hollarda statik chastota o‘zgartirgichlar bilan keng impulsli modulyatsiya (KIM) qo‘llaniladi. Bugungi kunda chastota o‘zgartirgichlarning samaradorligi taxminan 95% ni tashkil qiladi. Keng impulsli modulyatsiya (KIM) dan foydalanish qo‘shimcha garmonik tarkibiy qismlarni keltirib chiqaradi, ularning paydo bo‘lishi elektr matorlarining samaradorligi va ishlash rejimiga salbiy tasir qiladi. Shunday qilib, elektr taminoti tizimining normal ishlash xususiyatiga ta’sir qiladi va asinxron motorlarda vibratsion shovqin (pomex) hosil qiladi, natijada chastota o‘zgartirgichga ulangan asinxron motorlarning foydali ish koeffitsenti (F.I.K.) kamayadi.

Garmonikalarning paydo bo‘lishi asosan mis chulg‘amlardagi elektr isroflarni oshiradi. Isroflarning oshishi elektr mator haroratini oshishiga olib keladi va natijada uning F.I.K. ni pasaytiradi [2].



1-rasm. Simulink dasturida elektr parametrlarini hisoblash uchun imitatsion model

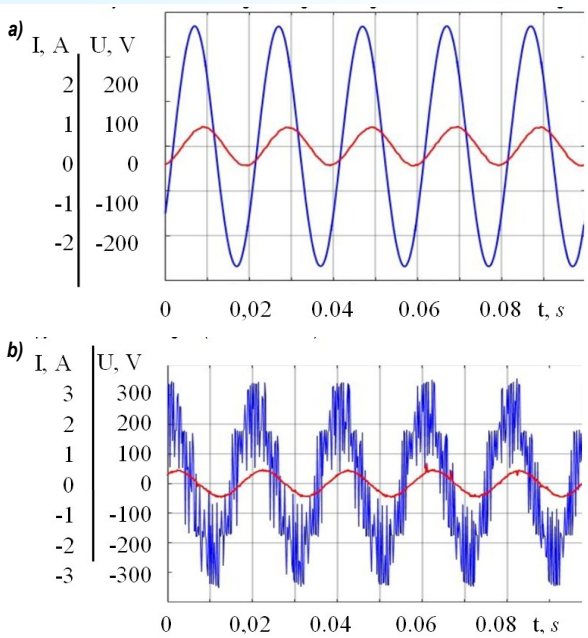


2-rasm. Tajriba uchun o'rnatish sxemasi

1-jadval

Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron matorning 4AA50V4U3 markasining parametrlari

Mator markasi	Quvvati kVt	Nominal yuklamada			m_p	m_m	m_k	i_p
		Sirpanishi, %	F.I.K., %	$\cos\varphi$				
4AA50V4U3	0,09	8,6	55	0,60	2,0	1,7	2,2	2,5



3-rasm. Uch fazali sinusoidal kuchlanish manbasini ulashda fazoviy tok va kuchlanishning oniy qiymatlari (a), chastota o'zgartirgichini ulashda faza toki va kuchlanishining oniy qiymatlari (b)

Yuqoridagilardan ma'lumki, chastota o'zgartirgichga ulangan asinxron matorning F.I.K. ni o'rganish dolzarb vazifadir.

MATLAB ilovasining *Simulink* dasturi yordamida elektr parametrlarini hisoblash uchun imitatsion model ishlab chiqildi (*1-rasmd*). Model I_{RMS} tokning o'rtacha kvadrat qiymatini, U_{RMS} kuchlanishini, P_{EB} etkazib beriladigan kirish quvvatini, P_{BQ} berilgan chiqish aktiv quvvatini, Q reaktiv quvvatni, asinxron matorning *cosφ* quvvat koeffitsienti va F.I.K.ni aniqlash imkonini beradi.

Imitatsion modelning ishlashi uchun ASP yordamida faza kuchlanishi va toklarining qiymatlarini, shuningdek yuklamadagi kuchlanishlarni olish va ularni raqamli signallar shaklida modelga uzatish talab etiladi. Signallarni amplituda bo'yicha keyingi qayta ishlashi amalga oshiriladi.

Taqdim etilgan modelning 1-2 – bloklarida kuchlanish va toklarning effektiv qiymati datchiklarning transformatsiya koeffitsientlarini hisobga olgan holda kuchlanishi va tokining joriy qiymatlarini shakillantiriladi va o'lchanadi. *RMS* bloklari kirish signalining haqiqiy o'rta kvadrat qiymatini hisoblab chiqadi va quyidagicha hisoblanadi:

$$RMS(f(t)) = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t-T}^{t} f(t)^2} \qquad (1)$$

bu yerda *f(t)* – blokning kirishiga keladigan signallar;

T – davr;

1/T – asosiy chastota.

Kirish signalining haqiqiy qiymati - signallar o'rtacha kvadrat qiymati qayta ishlanadi va stastikada keng qo'llaniladigan algoritm yordamida hisoblanadi. Keyinchalik *Power* bloki yordamida aktiv quvvatni, rekativ quvvatni va *cosα* ni aniqlanadi. O'lchangan quvvat barcha fazalarda teng taqsimlangan bo'lishi ko'zda tutiladi.

Asinxron motorning iste'mol qiladigan quvvati qo'yidagicha aniqlanadi:

$$P_{vx} = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \qquad (2)$$

Blokda uchta foydali quvvat hisoblanadi. O'tkazilgan tadqiqot natijasiga ko'ra, (*2-rasm*) eksperiment o'rnatish bo'yicha asinxron matorning F.I.K. samaradorligi GOST 25941-83 ga muvofiq aniqlandi. Ikki mashina bir-biri bilan mexanik ravishda ulanib yuklama metodi qo'llaniladi. Mashina M1 mator rejimida (AD) uch fazali manbadan, M2 mashinasi reostatda generator (o'zgarmas tok generatori (O'TG)) rejimida ishlaydi [3].

$$P = U \cdot I + I^2 \cdot R_{yaz} + \Delta P \qquad (3)$$

bu yerda $I^2 \cdot R_{yaz}$ – yuklama mashinasining yakor zanjiri chulg'amlarida yo'qotishlarga olib keladigan quvvat R_{yaz} = (9,8 *om*);

ΔP – mashina agregatining mexanik yo'qotishlari M1-M2;

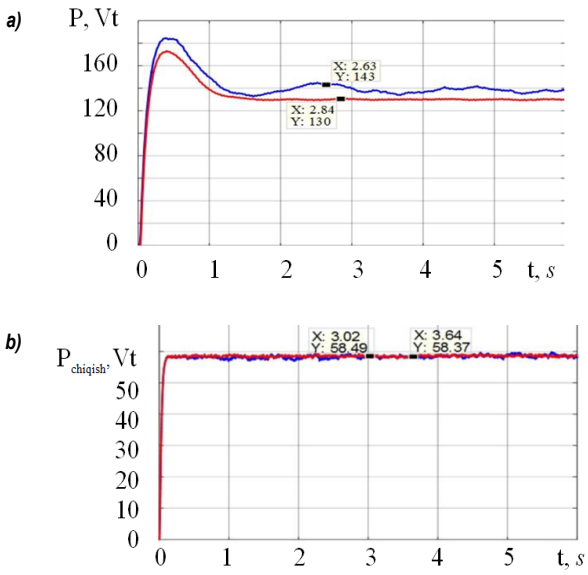
U, I – R_{yu} yuklamadagi kuchlanish va tok.

Tajriba vaqtida rotorning aylanish tezligi bir xil bo'lganligi sababli mexanik yo'qotishlarni ΔP – e'tiborsiz qoldiramiz.

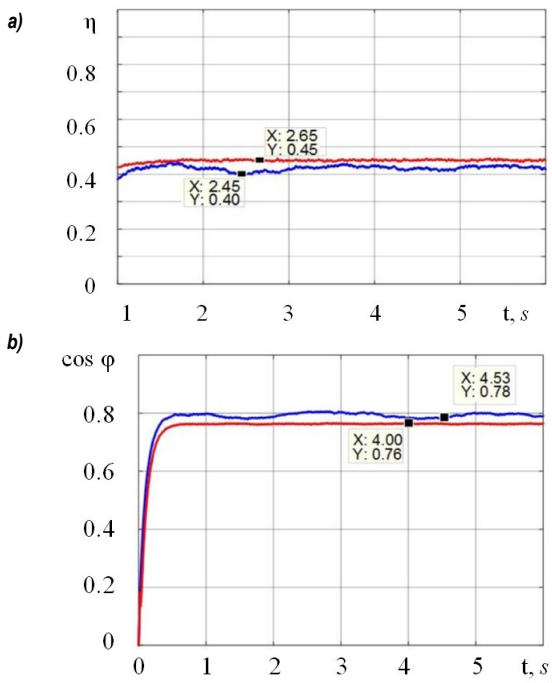
Tarmoqning toklari va kuchlanishlarini o'lchash Xoll effekti datchiklari yordamida amalga oshirilgan. Datchiklar chiqish va kirish zanjirlar o'rtasidagi galvanik echilishni taminlaydi. Datchiklarning chiqishidan oniy kuchlanish faza qiymatlarining uch fazasi signallari, datchiklarning chiqishi oniy tok qiymatlaridan olingan. Bu yerda datchik R_n yuklamasidagi kuchlanishni ko'rsatadi [4, 5].

Tajriba o'tkazish uchun qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron matorning 4AA50V4U3 markaliligi tanlangan bo'lib, uning parametrlari *1-jadvalda* keltirilgan.

Tajribanang birinchi qismida asinxron motor chastota o'zgartirgichga ulangan, sinovlar qayd etilgan 50 *Hz* chastotada o'tkazilgan, o'rtacha kvadratik fazali kuchlanishi 191,2 *V* ni tashkil qiladi. Tajribaning ikkinchi qismida asinxron motor sinusoidal kuchlanish va garmonik buzilish koeffitsienti 5% dan kam bo'lmagan rostlanadigan uch fazali manbaga ulangan. O'rtacha kvadratik faza kuchlanishi 50 Hz chastotada 198,5 *V*



4-rasm. kirish sinusoidal kuchlanish va chastota o'zgartirgich kuchlanishi uchun P_{EB} (a) va P_{BQ} chiqish quvvatining bog'liqliklari



5-rasm. Asinxron motorning F.I.K. (a) va cosφ ni bog'liqligi (b)

ni tashkil etib, faza toklari va kuchlanishning o'rtacha kvadratik qiymatlarini tashkil qiladi [6, 7]. Bunday holda modelning kirishiga keladigan kuchlanish va tokning oniy qiymatlari tavsiflangan (*3 a, b-rasmda*). Keltirilgan (*4a, b-rasm*) kirish sinusoidal kuchlanish va chastota o'zgartirgich kuchlanishi uchun P_{EB} va P_{BQ} chiqish quvvatining bog'liqliklari keltirilgan. Keltirilgan *4 a-rasmdan* ko'rinib turibdiki, chastota o'zgartirgichdan foydalanganda kirish quvvati doimiy emas, maksimal $P_{EB} \approx 143$ Vt qiymatga teng deb olingan. Sinusoidal kuchlanish manbaiga ulanganda quvvat doimiy va $P_{EB} \approx 130$ *Vt* ni tashkil qiladi. Bundan tashqari ikkala holda ham foydali quvvati $P_{BQ} \approx 58{,}5$ Vt (*5b-rasm*). Asinxron motorning F.I.K. va *cosφ* ni bog'liqligi 6 *a, b-rasmda* ko'rsatilgan. *5a-rasmdan* ko'rinib turibdiki, chastota o'zgartirgichdan foydalanganimizda foydali ish koeffitsientining minimal qiymati $\eta \approx 4\%$ ga teng bo'ladi va, sinusoidal kuchlanishida ishlaydigan asinxron motorning foydali ish koeffitsienti esa bunda $\eta \approx 45\%$ ga teng.

O'tkazilgan tajriba natijalari va ishlab chiqilgan immitatsion modelga asoslangan holda quyidagicha xulosa qilinadi:

– chastota o'zgartirgichga ulangan asinxron motorlarni sinusoidal kuchlanish bilan ta'minlanganidan 3-7% kamroq samaradorlikka ega bo'lib, isroflarning ko'payishi yuqori garmonikalarning paydo bo'lishiga olib keladi;

– chastotali o'zgartirgichdan foydalanib, asinxron motorlarni ishlatishda nafaqat butun tizimni, balki elektr matorlarining samaradorligini baholash imkonini beradi;

– iste'mol qilinadigan quvvat qiymatini yanada aniqroq aniqlash uchun amaldagi qiymatining haqiqiy ta'rifidan foydalanish kerak bo'ladi.

Barcha modellar amaliy dasturiy paketlar yordamida hisoblash algoritmlari shaklida sinovdan o'tkazilgan va amalga oshirilgan.

Bibliografik ro'yxat:

1. Браславский И.Я. Ишматов З.Ш. Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004. – С. 202-206.

2. Zaripov Sh.U., Boynazarov G.G., Muminov R.O. Konchilik sanoati tarmoqlarida elektr yuklamalar grafigining asosiy ko'rsatkichlarini. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. 2022 yil aprel. 112-118 betlar.

3. Zaripov Sh.U., Muminov R.O., Boynazarov G.G. Navoiy Gidro-metallurgiya zavodida kuchlanishning sifat ko'rsatkichlarini baholash. – Navoiy, O'zbekiston Respublikasi. 2022 yil 9-10 iyun. 69-72 betlar.

4. Tovbayev A.N., Boynazarov G'.G'., Jumayev Z.I. Analysis of Subharmonic Oscillations of the Third Order in Three-Phase Circuits with a Separate Ferromagnetic Element // International Journal of Advanced Research in Science. Engineering and Technology. – Vol. 6. Issue 12. December 2019, pp. 65-72.

5. Kuziev, D.A., Zotov, V.V., Sazankovaa, E.S., Muminov, R.O. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining // A case-stud. Eurasian Mining. 2022, pp. 76-80.

6. Muminov R.O., Rayhanova G.E., Kuziev D.A. Experimental research and analysis of a quarry drilling rig. Ugol, 2021, pp. 15-23.

7. Muminov R.O., Boynazarov G. G. Analysis of dynamic and hardness parameters rotation and feeding systems of the drilling rig // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science 05.11.2020. 89-120 pp.

УДК 621.315.175

DOI:10.54073/GV.2023.3.94.024

АНАЛИЗ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ

Холбоев Г.О.,
главный энергетик
АО «НГМК», PhD

Атауллаев Н.О.,
доцент кафедры
«Электроэнергетика» НГГТУ, PhD

Хамидов А.А.,
инженер УМТС
АО «НГМК»

Расулова Б.И.,
преподаватель кафедры
«Электроэнергетика» НГГТУ

«NKMK» AJ bo'linmalarining energiya iste'moli rejimlari to'g'risidagi statistik ma'lumotlarga ko'ra, tashqi elektr ta'minoti tizimidagi favqulodda vaziyatlar tufayli bir yil ichida uzoq vaqt davomida asosiy ishlab chiqarish obyektlarida to'xtatish sodir bo'lgan. Tog'-kon sanoati korxonalarining elektr ta'minoti tizimlarida qisqa tutashuvlar va oziq-ovqat voltajining pasayishi bilan bog'liq moddiy zararni kamaytirishda muhim rol o'ynaydi, zamonaviy element bazasidan foydalangan holda zaxirani (ZTARU) tezkor avtomatik ravishda ulash imkonini beradi. Bu turdagi kommutatsiya minimal tarmoq barqarorligining buzilishini ta'minlash uchun, ayniqsa, muhim ahamiyatga ega. ZTARUning zamonaviy elementar bazasidan foydalangan holda yanada rivojlangan qurilmalarini yaratishda qo'yiladigan talablarni bajarish tog'-kon sanoati korxonalarining elektr ta'minoti tizimlarining ishonchliligini oshirish jarayoni bunday qurilmalar yaratish uchun yangi algoritmlar va printsiplarni ishlab chiqishni ta'minlaydi.

Tayanch iboralar: *energiya iste'moli rejimlari, elektr ta'minoti, zaxirani yuqori tezlikda avtomatik kiritish, ishonchlilikni oshirish, qisqa tutashuv.*

Статистические данные о режимах энергопотребления подразделений АО «НГМК» показывают, что за год из-за аварийных ситуаций в системе внешнего электроснабжения, происходили остановки основных производств длительное время. Важная роль для уменьшения материального ущерба, связанного с короткими замыканиями и снижениями питающего напряжения в системах электроснабжения предприятий горно-перерабатывающей промышленности, отводится быстродействующему автоматическому вводу резерва (БАВР) с применением современной элементной базы. Выполнение предъявляемых требований при создании более совершенных устройств БАВР с применением современной элементной базы вызывает необходимость разработки новых алгоритмов и принципов построения устройств, обеспечивающих повышение надежности работы систем электроснабжения предприятий горно-перерабатывающей промышленности.

Ключевые слова: *режим энергопотребления, электроснабжение, быстродействующий автоматический ввод резерва, повышение надежности, короткое замыкание.*

Для моделирования режимов работы систем электроснабжения совместно с устройством БАВР необходимо рассмотреть различные численные методы. В качестве основы можно использовать нижеследующее выражение:

$$y' = f(t,y) \quad (1)$$

f – функция в интервале времени при заданных начальных условиях $y(t_0) = y_0$ применительна к модели электроэнергетических систем в фазной системе координат. В случае использования алгоритмов для жестких систем возможно использование более общей формы:

$$M(t)\text{-}y' = f(t,y) \quad (2)$$

с матрицей $M(t)$, которая несингулярна и, как правило, является разреженной. Эти обстоятельства повлияли на выбор численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений [1].

Численное определение функций, составляющих дифференциальные уравнения, как правило не вызывает сложностей. Основная сложность решения жестких систем заключается либо в их большом размере, либо в том, что Якобиан таких систем получается сильно структурированным [1-2]. Реализованные в современных программных оболочках линейная алгебра и встроенные операции с массивами относительно быстрые, допускается использование разреженных матриц.

Возможно также осуществлять динамическое выделение памяти для массивов, что значительно повышает эффективность алгоритмов [2].

В последние годы разработано новое семейство формул для решения жестких систем дифференциальных уравнений, которые называются численными формулами дифференцирования [2-3]. Они более эффективны, чем формулы дифференцирования, хотя ряд формул более высокого порядка являются менее устойчивым. Такие формулы удобно представить в виде разностей.

Неявные формулы для жестких систем. Многомашинные системы электроснабжения как правило относятся к классу жестких систем [4].

Жёсткость системы обыкновенных дифференциальных уравнений оценивается с помощью коэффициентов жесткости.

Так, если λ_k являются собственными значениями Якобиана, то для условия при $R_e(\lambda_k) \leq 0$:

$$K_{ж} = \frac{1}{2\pi} \cdot \max \frac{|\mathrm{Re}(\lambda_k)|}{|\mathrm{Re}(\lambda_k|)|} > 1 \quad (3)$$

$$K_K = \frac{1}{2\pi} \cdot \max \frac{|\mathrm{Re}(\lambda_k)|}{|\mathrm{Re}(\lambda_k|)|} > 1 \quad (4)$$

Таблица 1

Быстродействие и устойчивость численных формул дифференцирования

Порядок *k*	Коэфф. *k*	Отн. изменение шага, %	Изменение, %
1	-0.1850	26	0
2	-1/9	26	0
3	0.0823	26	-7
4	-0.0415	12	-10
5	0	0	0

Коэффициенты $K_ж$ и $K_к$ соответственно называются коэффициентами жесткости и жесткой колебательности. Для системы дифференциальных уравнений в форме уравнений состояния собственные значения λ_k определяются непосредственно из матрицы. Влияние свойства жесткости на эффективность применения вычислительной техники объясняется потерей численной устойчивости классических численных методов или большими затратами машинного времени при интегрировании жестких систем. При этом следует иметь в виду, что совершенствование математических моделей приводит к усилению свойств жесткости [4-6].

При решении жестких задач, к которым относятся и задачи моделирования режимов систем электроснабжения, важное значение имеет проблема численной устойчивости метода решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений [5-6].

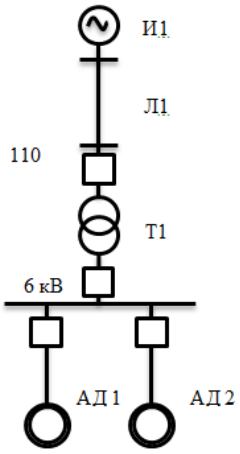


Рис. 1. Тестовая схема для выбора оптимального численного метода решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений

Для методов с ограниченной областью абсолютной устойчивости длина шага лимитируется порядком величины наименьшей постоянной времени системы. Поскольку интервал интегрирования может во много раз превосходить величину постоянной времени, необходимое число шагов интегрирования может оказаться сравнимым с коэффициентом жесткости системы.

Численно найдено такое значение *к*, при котором достигается наибольший угол устойчивости [7]. Так как формула дифференцирования назад второго порядка уже обладает устойчивостью, *k* предлагается выбирать таким образом, чтобы уменьшить ошибку дискретизации и свести ее к такой минимально допустимой величине, при которой система все еще сохраняет А – устойчивость. Оптимальной является величина *k* = -1/9, при этом ошибка дискретизации уменьшается в два раза по сравнению с ошибкой, получаемой при использовании формул дифференцирования назад второго порядка [8]. Из этого следует, что для достижения одной и той же точности для численных формул дифференцирования второго порядка достаточно задать шаг примерно на 26% больше, чем для формул дифференцирования назад того же порядка, что существенно сокращает время решения.

Формулы, полученные для более высоких порядков, менее удачны, вследствие того, что за счёт увеличения устойчивости снижается их быстродействие. Так как формула Клопфенштейна второго порядка повышает точность при сохранении устойчивости, она может служить в качестве основного метода второго порядка для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих электрические системы и сети [8]. Тем не менее, возникает задача повышения эффективности этого метода до 26%, как в случае второго порядка, так и для 3-5 порядков. Это можно осуществить лишь за счет уменьшения устойчивости, но при этом нежелательно уменьшение угла устойчивости более чем на 10%. Результаты численного исследования по поиску оптимального соотношения устойчивости и быстродействия отражены в таблице 1 [9].

В контексте применения численных методов к задачам исследования электрических сетей с учетом их особенностей, будет естественным сохранять копию матрицы Якобиана [9]. Также естественным будет формировать и факторизовать матрицу итераций каждый раз, когда происходит изменение порядка или шага. Необходимо осуществлять контроль за степенью сходимости и прекращать итерации если предполагается, что сходимость не будет достигнута за четыре итерации. В этом случае формируется новый Якобиан [9-10].

Схема, основанная на повторном использовании Якобиана, означает, что когда Якобиан постоянен, то в нормальном режиме он вычисляется всего лишь несколько раз в течение всего периода интегрирования. Программа также формирует Якобиан еще меньшее число раз при решении нежестких задач [9]. Именно по этой причине, а также вследствие линейной алгебры в современных языках программирования, возможна продуктивная работа этого метода как для жестких, так и для нежестких задач.

Способ реализации. Программа, основанная на рассмотренной выше схеме, является альтернативой для решения жестких задач. Она особенно эффективна когда Якобианы имеют собственные значения вблизи мнимой оси, в этом случае одношаговый метод имеет преимущества над методами с памятью. Интегрирование производится с помощью формулы низшего порядка, поэтому локальная экстраполяция не производится [10]. Чтобы получить такую же устойчивость в программе, описанной в предыдущем подразделе, максимальный порядок должен быть не выше двух.

Необходимость в формировании Якобиана на каждом шаге имеется в этом случае по нескольким причинам [9-10]. При рассмотрении жестких задач компоненты решения значительно изменяются на одном шаге, так что часто возникает необходимость в формировании нового Якобиана. Кроме того, вычисление Якобиана на каждом шаге улучшает надежность и ошибкоустойчивость кода [11].

При реализации программы необходимо предусмотреть также возможность задания функции для аналитического вычисления Якобиана, а кроме того возможность указания того, что Якобиан является постоянным, что в отдельных случаях значительно ускоряет вычисления.

По умолчанию Якобиан рассматривается как полная матрица. Чтобы воспользоваться преимуществами операций с разреженными матрицами, необходимо указать, что Якобиан разреженный [12].

Различие между ленточным Якобианом и гораздо более сложным случаем - разреженным Якобианом, имеющее большое значение для других подобных программ, в данном случае отсут-

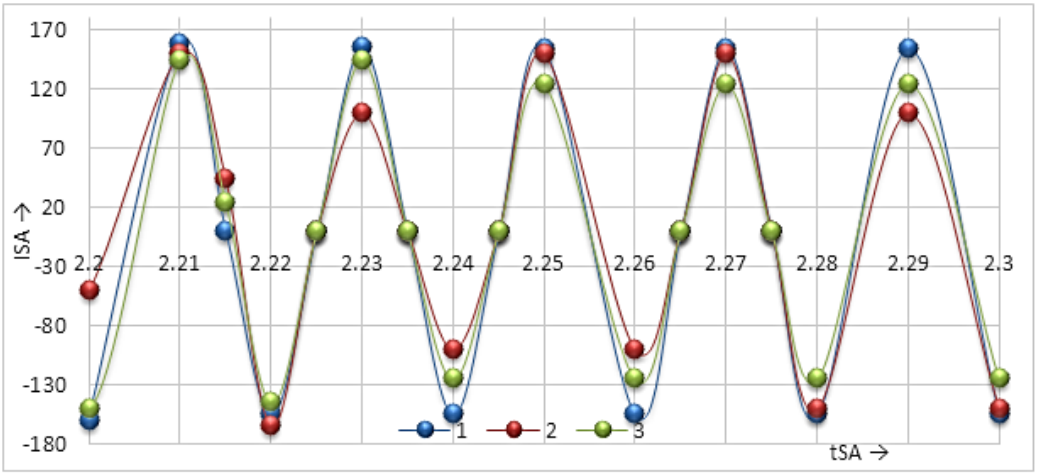


Рис. 2. Сравнение точности численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Таблица 2

Сравнение производительности методов при автоматическом выборе шага

Метод	Число шагов	Отн. число шагов	Время расчета, с	Отн. производительность
Дорманда-Принса	733	1,0	14,59	1,0
Адамса	1621	2,2	15,82	1Д
Богацки-Шампайна	4884	6,7	36,48	2,5
Ч.Ф.Д.	10274	14,0	19,38	1,3
Мод. Розенброка	7334	10,0	115,04	7,9

Таблица 3

Сравнение производительности методов при ограничении максимального размера шага

Метод	Число шагов	Отн. число шагов	Время, с	Отн. производительность
Дорманда-Принса	26000	1,0	249,65	1,0
Адамса	26000	1,0	173,38	1,0
Богацки-Шампайна	26000	1,0	186,49	1,0
Ч.Ф.Д.	26000	1,0	160,55	1,0
Мод. Розерока	26856	1,0	410,40	1,0

ствует. Все, что должен сделать пользователь, предоставить матрицу, состоящую из нулей и единиц, которая дает структуру разреженного Якобиана.

Выбор рационального метода. Одной из наиболее важных проблем, возникающих при математическом моделировании режимов работы многомашинных систем промышленного электроснабжения является проблема выбора наиболее рационального метода решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений с точки зрения производительности и точности [12].

Также необходимо произвести оценку влияния размера шага на скорость и точность вычислений.

Для выбора рационального численного метода решения систем дифференциальных уравнений для электроэнергетических задач была использована модель системы электроснабжения, схема которой показана на рис. 1 [12].

Произведена оценка качественных показателей работы описанных выше численных методов для ряда характерных режимов работы системы – группового пуска двигателей, выбега, самозапуска, результаты этой оценки для режима группового пуска двигателей приведены в *табл. 2.*

При определении относительного числа шагов и относительной производительности за базисные величины были приняты соответствующие показатели метода Дорманда-Принса [13, 14].

Из *табл. 2* [13] видно, что при автоматическом выборе шага интегрирования производительность методов для жестких задач не всегда превосходит производительность остальных методов. Тем не менее, анализ результатов показывает, что методы Адамса, Дорманда-Принса, Богацки-Шампайна при автоматическом выборе величины шага не обеспечивают необходимой точности решения и в отдельных случаях могут давать неверный результат, что проиллюстрировано на *рис. 2*, где приведено сравнение токов статора фазы А двигателя АД2, полученных при интегрировании с автоматическим выбором шага с использованием методов Богацки-Шампайна, Адамса и численных формул дифференцирования (кривые 2, 3 и 1, соответственно).

При принудительном уменьшении максимального размера шага до 10^4 указанные методы обеспечивают сравнительно высокую точность, но при этом затраты машинного времени на порядок увеличиваются [13].

В то же время, методы, разработанные с учетом особенностей свойств жёсткости систем, из рассмотренных к ним относятся численные формулы дифференцирования и модифицированный метод Розенброка, даже при автоматическом выборе размера шага обеспечивают высокую точность решения.

При принудительном уменьшении максимального размера шага до 10^{-4} численные формулы дифференцирования также подтверждают наибольшее быстродействие, в то время как модифицированный метод Розенброка уступает даже методам для нежестких систем за счет того, что при его использовании Якобиан вычисляется на каждом шаге (*табл. 3*).

Таким образом, в качестве основного метода для моделирования переходных режимов многомашинных систем промышленного электроснабжения предлагается использовать метод с использованием численных формул дифференцирования, так как он позволяет достичь наибольшего быстродействия и точности.

В результате исследований сделаны следующие выводы:

При рассмотрении методов расчёта при малых возмущениях значений УП оказывается, что в явных методах значения шага h должны быть значительно меньше, чем в неявных методах (вследствие абсолютной устойчивости последних). Одна из главных трудностей, связанных с общим использованием многошаговых методов и не возникающих при использовании одношаговых методов Рунге-Кутта, состоит в изменении величины шага.

При одинаковой точности многошаговые методы можно применять таким образом, что на одном шаге численного интегрирования обычно требуется меньше вычислений функции F, чем в методах Рунге–Кутта.

Так как системы дифференциальных уравнений, описывающих системы промышленного электроснабжения, относятся к классу жестких, наиболее эффективными для рассмотрения переходных режимов их работы являются жесткие неявные численные методы, основанные на методах Гира и Розенброка. Среди жестких методов наиболее высокую производительность для решения задач моделирования переходных процессов в многомашинных системах электроснабжения горно-перерабатывающей промышленности показывает метод с использованием численных формул дифференцирования.

Библиографический список:

1. Jones C.V. The unified theory of electrical machines. – London, 1963. – 563 p.

2. Коробейников Б.А., Ищенко Д.А., Шамкий П.Н. Математическая модель явнополюсного синхронного двигателя в фазной системе координат // Научный журнал «Труды КубГТУ». – Вып. 1. – Россия – Краснодар, 1999. – С. 215-218.

3. Коробейников Б.А., Ищенко А.И., Ищенко Д.А. Формирование уравнений состояния для системы электроснабжения // Сборник тезисов докл. V научно-технич. конф. ракетных войск // Краснодарское высшее военное командно-инженерное училище ракетных войск. – Краснодар, 1997. – 19 с.

4. Коробейников Б.А., Ищенко Д.А., Ищенко А.А. Формирование уравнений состояния для системы промышленного электроснабжения, содержащей асинхронные двигатели // ВИНИТИ «Деп. научн. работы», 1997. – № 2849-В97 от 16.09.97.

5. Коробейников Б.А., Ищенко Д.А., Ищенко А.А. Формирование и решение уравнений состояния для системы промышленного электроснабжения, содержащей асинхронные двигатели для установившегося режима. Б. ук. ВИНИТИ «Деп. научн. работы», 1997. №2851-В97 от 16.09.97.

6. Shampine L.F. Numerical Solution of Ordinary Differential Equations, Chapman & Hall, New York, 1994.

7. Ковалев Ю. 3. Методы решения динамических задач электромеханики на ЭЦВМ. – Омск: Омский политехнический ин-т, 1984. – 84 с.

8. Казовский Е.Я., Насибов В.А., Рубисов Г.В. Переходные процессы при отключении коротких замыканий синхронных машин // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1972. – № 5. – С. 37-46.

9. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 672 с.

10.Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ. – М.: Мир: ООО «Издательство АСТ»., 2003. – 283 с.

11. Karshibaev A.I, Narzullaev B.Sh. «Saving Energy and Resources through Electric Power Consumers Management» International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 6. – Issue 6, June 2019 .

12. Karshibaev A.I, Narzullaev B.Sh. Improving planning, operational management and accountability for energy consumption in Uzbekistan's industrial plants. International journal of advanced research in science engineering and technology. – India, 2019. – No. 6, pp. 11086-11088.

13. Иванов В.В. Методы вычислений на ЭВМ. Справочное пособие. – Киев: Наукова думка, 1986. – 584 с.

14. Демирчян К.С., Бутырин И. А. Моделирование и расчёт электрических цепей. – М.: Высшая школа, 1988. – 335 с.

15. Деккер К., Вервер Я. Устойчивость методов Рунге-Кутта для жестких нелинейных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1988. – 334 с.

16. Холл Дж., Уатт Дж. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1979. – 312 с.

17. Brayton R.K., Gustavson F.G., Hatchet D.G. A new efficient algorithm for solving differential-algebraic systems using implicit backward differentiation formulas. – Proc. IEEE, 60, 1972, pp. 98-108.

18. Gear C. W. Algorithm 407, DIFSUB for solution of ordinary differential equations. – Communs. Ass. comput. Mach., 14, 1971. – 350 p.

19. Георгиади В.Х. Особенности оценки результатов измерений сопротивлений постоянному току обмоток электрических машин и трансформаторов // Электрические станции. – № 10. – Москва: Энергопрогресс, 2001. – С. 39-44.

20. Глебов И.А., Логинов С.И. Системы возбуждения и регулирования синхронных двигателей. – Л.: Энергия; 1972. – 113 с.

УДК 622.235 DOI:10.54073/GV.2023.3.94.025

KONCHILIK OLIY O‘QUV YURTLARINI XALQAROLASHTIRISH BO‘YICHA YO‘L XARITASINI ISHLAB CHIQISH XUSUSIYATLARI (RF VA MOM MAMLAKATLARI)

Vorobyov A.E.,
Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti
Xalqaro aloqalar va innovatsiyalar
bo‘yicha prorektor, t.f.d., professor

Vorobyov K.A.,
«RUDN» doktoranti

Madaмinov A.S.,
Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti
talabasi

Ushbu maqolaning maqsadi oliy ta’lim muassasalarini xalqarolashtirish dasturini amalga oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Maqolada oliy ta’lim muassasalarini xalqarolashtirish dasturini darajasini oshirishga xizmat qiluvchi yo‘l xaritalari metodologiyasini tashkil etishni ta’minlash imkoniyatlari ko‘rib chiqildi.

Tayanch iboralar: *yo‘l xaritalari, tadbirlar, strategik maqsadlar, ish metodologiyasi, metod va texnologiyalarni xalqarolashtirish, xalqaro amaliyot, konchilik universitetlari.*

Целью данной статьи является разработка рекомендаций по реализации программы интернационализации высших учебных заведений. В статье рассматриваются возможности обеспечения организации методологии дорожных карт, служащих для повышения степени интернационализации вузов. Особую роль в этом процессе играют методы разработки дорожных карт.

Ключевые слова: *дорожные карты, мероприятия, стратегические цели, методология работы, методы и технологии, интернационализация, международная практика, горные вузы.*

Hozirgi vaqtda yo‘l xaritalari alohida universitetlar, iqtisodiyot tarmoqlari (masalan, oliy kasb-hunar ta’limi), mustaqil davlatlar va hatto umuman xalqaro hamjamiyatning rivojlanishini (kerakli kelajakni) batafsil va aniq aniqlash va loyihalash uchun xizmat qiladigan juda keng qo‘llaniladigan va samarali vositaga aylanmoqda [1, 2], ya’ni ushbu vositadan deyarli butun dunyo bo‘ylab barcha ijtimoiy darajalarda (shu jumladan submilliy, milliy, mintaqaviy, sanoat va korporativ) samarali foydalanish mumkin.

Birinchi marta «yo‘l xaritalari» usuli 1970 yillarning oxirida AQShda korporatsiyalarni boshqarish amaliyotida, amalga oshirilayotgan ishlarni boshqarishda qisqa va uzoq muddatli muammolar o‘rtasida maqbul muvozanatga erishishga qaratilgan muhim, tubdan yangi yondashuv sifatida, shuningdek, innovatsion texnologiyalar va ularni tarqatish bilan bog’liq strategik va operatsion vazifalar sifatida tashkilotning barcha darajalarida ishlatilgan [9]. Ushbu yondashuv tashkilot xodimlarining mo‘ljallangan jarayoniga katta darajada jalb qilingan holda, boshqaruvning qarashlari va maqsadlarini amaldagi jamoaga yetkazadigan va ularga erishadigan yanada samarali boshqaruv qarorlarini qabul qilishga va tashkilotni boshqarish jarayonining to‘g‘ri rivojlanishini rag’batlantirish va nazorat qilishga imkon beradi.

Hozirgi vaqtda yo‘l xaritasi usuli va texnologiyasi asta-sekin yangi ilmiy tadqiqot yo‘nalishiga va hatto yangi akademik intizomga aylanib bormoqda, chunki yo‘l xaritasini ishlab chiqishning asoslash nazariyasi va metodologiyasiga bag‘ishlangan ko’plab tadqiqotlar mavjud.

Ushbu usulning amaliy tekislikda tarqalishini oshirish kun tartibiga yo‘l xaritalarini tuzishning asosiy tamoyillarini aniqlash, asosiy tushunchalarni yaratish va ulardan foydalanishning xususiyatlarini (mo‘ljallangan maqsadlariga qarab) aniqlash, shuningdek, o‘rganilayotgan sohaga xos bo‘lgan ba’zi cheklovlar, ularni kamaytirish imkoniyatlarni o‘rganish kabi dolzarb vazifalarni o‘rganish asosiy maqsaddir.

Biroq, hatto yaxshi va ijodiy ishlab chiqilgan yo‘l xaritalarning institutsional majburiyat, vaqt va resurslarni sarflashni talab qiladigan taraflarini amaliyotga sinab ko‘rmasdan yo‘l xaritani amaliyotga tadbiq etish foydasizdir.

Ta’rif va maqsadlar. Yo‘l xaritasi-bu ikkita asosiy funktsiyani bajaradigan maxsus strategik hujjat:

Keyingi global strategik maqsadni (kerakli natijani) belgilaydigan yuqori darajadagi istiqbolli rejani ishlab chiqishni, shuningdek ularni amalga oshirish bosqichlari ro‘yxatini taqdim etadi.

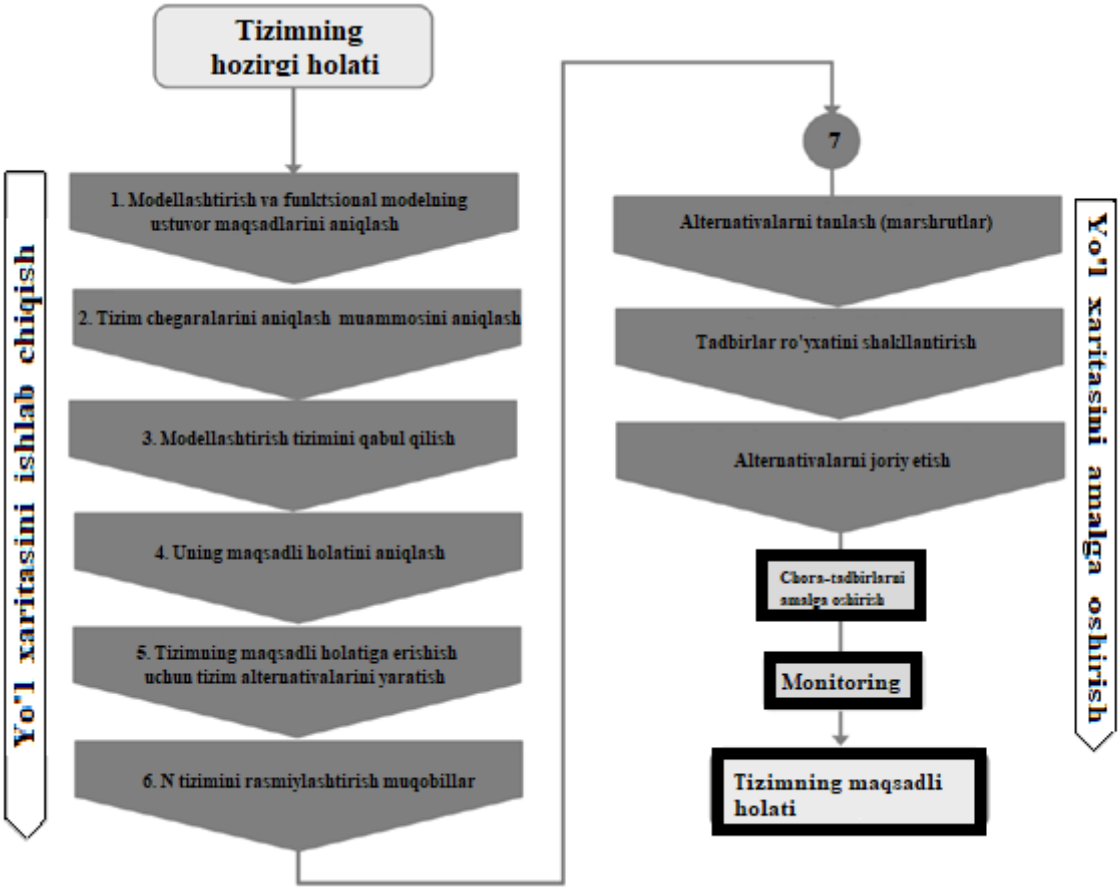
Tashkilotni rivojlantirish strategiyasini yetkazish jarayonida yordamchi bo‘lgan aloqa vositasi bo‘lib xizmat qiladi.

Yo‘l xaritalarining maqsadi ko‘pincha amalga oshirilayotgan asosiy mafkura asosida o‘rnatiladigan maxsus qarash, strategik ustuvorliklar va sifatli vazifalar shaklida ifodalanadi.

Yo‘l xaritasi shakllari. Yo‘l xaritalarining shakllari. Foydalanuvchilarni ko‘rish, haqiqiy yo‘llar va kelgusi harakatlarning batafsil rejasi to‘g‘risida xabardor qilish ham birdek muhimdir.

Shunday qilib, yo‘l xaritalarining eng keng tarqalgan formatlari grafik tasvirlar orqali xizmat ma’lumotlarini sintez qiladi (*1-rasm*), masalan, bir yoki bir nechta qatlamlar, ustunlar, grafik bog‘liqliklar, oqim jadvallari yoki gibrid shakllar shaklida, shuningdek tasvirlangan jarayonning vaqt ufqini ta’kidlaydi.

Ish metodologiyasi. Yo‘l xaritalarini ishlab chiqish texnologik Forsayt metodologiyasiga asoslangan (ingl. foresight-kelajakka qarash), shuning uchun xaritalarning o‘zi to‘plangan kerakli ma’lumotlarni tekshirish va



1-rasm. Yo‘l xaritasini ishlab chiqishning olti bosqichi

samarali strategik va taktik qarorlarni qabul qilishning ba’zi mexanizmlarini anglatadi.

Ammo shuni ta’kidlash kerakki, Rossiya Federatsiyasining ko‘plab universitetlarida va Markaziy Osiyo mintaqasi xalqarolashtirishni rejalashtirishning ushbu yangi va muhim vositasini ishlab chiqish va sifat hamda miqdoriy baholashning samarali mexanizmlari hali paydo bo‘lmagan [3].

Shuning uchun «yo‘l xaritasi» ni yaratish juda murakkab boshqaruv jarayoni hisoblanib [9], tashkilotning zarur xususiyatlariga erishishga qaratilgan, Real xarajatlar bilan, shuningdek, o‘z vaqtida amalga oshiriladigan juda samarali usul va texnologiyalardan foydalangan holda, biznes operatsiyalarini muvofiqlashtirish asosida va aloqa jarayonining ajralmas qismi sifatida foydalaniladi.

Aynan shu nuqtai nazardan, ilmiy nashrlarda ko‘rib chiqilayotgan «yo‘l xaritasi» tushunchasi quyidagi zamonaviy yangi taxrirga ega: bu ma’lum bir ob‘ektni (jarayon, alohida yoki mahsulot liniyasi, ba’zi texnologiyalar, tegishli texnologiyalar guruhi, biznes, kompaniya) istiqbolli rivojlanishining bosqichma-bosqich stsenariysining vizual tasviri, alohida biznes birliklari, milliy iqtisodiyotning butun tarmog’i, sanoat va hatto ijtimoiy, siyosiy va shunga o‘xshash maqsadlarga erishish rejasi.

Tizim tahlili yo‘l xaritasini ishlab chiqish jarayonini sezilarli darajada osonlashtiradi, chunki uning asosida bir nechta asosiy bosqichlar ajratiladi (*2-rasm*), ularni amalga oshirish har qanday yo‘l xaritasini yaratish uchun zarurdir.

Bundan tashqari, yo‘l xaritalarini ishlab chiqishda mavjud bo‘lgan barcha yondashuvlar natijalarni tuzilgan shaklda grafik tasvirlash (vizualizatsiya) ni o‘z ichiga oladi, bu yo‘l xaritalarining kuchli tomonlaridan biri bo‘lib, ularni istiqbolli qarorlarni qo‘llab-quvvatlash uchun juda samarali vositaga aylantiradi (tashkilot yoki sanoatni rivojlantirish uchun zarur bo‘lgan asosiy shartlarni baholash).

Buning sababi shundaki, vizualizatsiya tarmoqlararo va o‘zaro bog‘liq savollarga yechimlarni topishni osonlashtiradi, shuningdek o‘rganilayotgan sohaning turli qirralarini vizual ravishda aks ettirish imkoniyatini beradi, innovatsiyalarning butun hayot tsiklini hisobga oladi va ko’p maqsadli foydalanishga ega, bundan tashqari u doimiy ravishda yuzaga keladigan muammolarni optimal hal qilish uchun ishlatiladi (va turli darajalarda) va istiqbolli jarayonga qo‘shilishi, rejalashtirishi va prognozlashi mumkin.

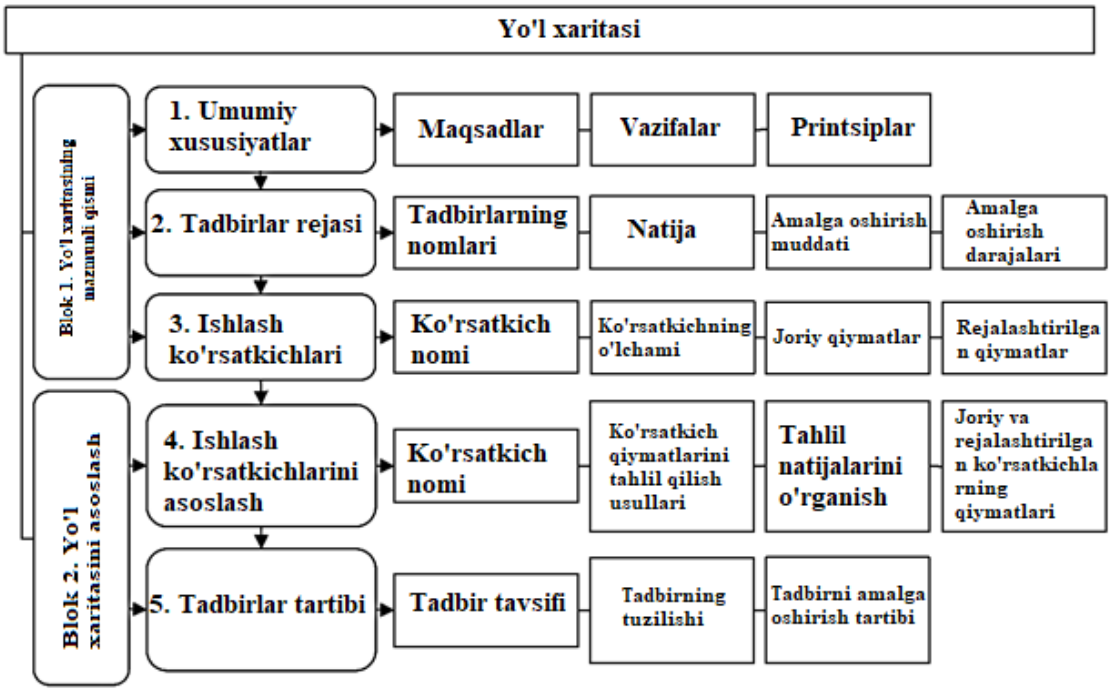
Yo‘l xaritasiga texnik talablar:

– istiqbolli bo‘lishi;
– matn jihatidan qisqacha bo‘lishi;
– raqamlar jihatidan aniq bo‘lishi;
– yaxshi tasvirlangan bo‘lishi;
– foydalanuvchilar uchun aniq va tushunarli bo‘lishi.

Yo‘l xaritasiga ehtiyoj.

Yo‘l xaritasi (oliy kasb-hunar ta’limi sohasida ishlab chiqilgan), qoida tariqasida, ma’lum bir universitetni jahon ta’lim xizmatlari bozori maydoniga olib chiqishga yoki uning mavqeini sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi, uning vazifasi, e’lon qilingan asosiy qadriyatlar, mavjud imkoniyatlar va kelajakdagi istiqbollarni hisobga olgan holda, shuningdek uni xalqarolashtirish jarayonlarini amaliy amalga oshirishning aniq mexanizmi.

Asosiy qismi. Hozirgi vaqtda Rossiya federatsiyasi universitetlari va Markaziy Osiyo mintaqasi mamlakatlari ma’muriyati va ilmiy kengashi tomonidan qabul qilingan xalqarolashtirishni rivojlantirish strategiyalarini amalga oshirishning asosiy vositasi «yo‘l xaritasi»deb nomlangan



2-rasm. Xalqarolashtirish modelining yo‘l xaritasi tuzilishi (oliy kasb-hunar ta’limi) [8]

tegishli tadbirlarning batafsil rejasini yaratish bo‘lishi kerak. Har qanday zamonaviy universitetni xalqarolashtirish strategiyasining asosiy maqsadi xalqaro o‘lchovni uning barcha faoliyat sohalariga faol kiritish va ushbu jarayonga butun PPP jamoasi va talabalarni jalb qilish uchun katta imkoniyatlar yaratishdir. Shuning uchun yo‘l xaritasini amaliyotda tadbiq etish haqiqiy va tasdiqlangan qadamlar mavjudligini nazarda tutadi va buning zaruriy sharti ma’lum bir bosqichlarining aniq muddatlari va faoliyat samaradorligining miqdoriy ko‘rsatkichlari ko‘rsatilgan «yo’l harakati qoidalarini» taqdim etishdir.

Shu sababli, yo‘l xaritasida universitetlarni xalqarolashtirishning to‘plangan ilg‘or tajribalarini tizimli ravishda tarqatish uchun universitetlararo ixtisoslashtirilgan ilmiy-uslubiy seminarlarni tayyorlash va amalga oshirishni, shuningdek, Markaziy Osiyo mintaqasi mamlakatlaridagi Rossiya va universitetlarning barcha manfaatdor vakillari uchun stajirovka va akademik malaka oshirish dasturlarini ta’minlash kerak.

Yo‘l xaritasining klassik tushunchasi uning strategik maqsadi bo‘lgan ma’lum bir rejalashtirilgan holatga o‘tish uchun haqiqiy tadbirlar rejasini grafik tasvirlashdir [8]. Buning uchun universitetning xalqarolashtirish yo‘l xaritasining batafsil tuzilishini ishlab chiqish kerak (*3-rasm*), bu quyidagi eng muhim tarkibiy qismlarni o‘z ichiga oladi: umumiy tavsif, tadbir rejasi, ishlash ko‘rsatkichlari va ularning asoslanishi, tadbir pasporti va boshqalar.

Dastlab, universitetni xalqarolashtirish bo‘yicha yo‘l xaritasi pasportini ishlab chiqish kerak (*1-jadval*).

Yo‘l xaritasini ishlab chiqishning boshida modellashtirish maqsadini (yo‘l xaritasining maqsadi) va funktsional modelni (yo‘l xaritasi) aniqlash juda muhimdir. Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, bunday modellashtirish uchun «optimallashtirish» jihati eng keng tarqalgan bo‘lib, bu model parametrlari, uning asosiy elementlari va ularning xususiyatlarining bunday kombinatsiyalarini izlash va o‘rnatishni anglatadi, bu umuman tizimning eng yaxshi samaradorligini ta’minlaydi (kerakli natijalarga erishish uchun).

Boshqa modellashtirish maqsadlari (baholash, qiyosiy prognozning sezgirligini tahlil qilish va boshqalar) odatda majburiy emas va faqat eng ustuvor maqsadga erishish uchun xizmat qilishi mumkin. Prognoz tizimning kelajakdagi holatini ma’lum shartlar (omillar) kombinatsiyasi bilan baholashga imkon beradi.

Keyingi qadam, o‘rganilayotgan hududning modeli bo‘lgan yo‘l xaritasi bajarishi kerak bo‘lgan funktsiyani aniqlashdir. Yo‘l xaritalarini ishlab chiqish amaliyotini tahlil qilish natijalari ikkita asosiy xulosaga olib keladi: bir tomondan, bir xil yo‘l xaritasi bir vaqtning o‘zida bir nechta xususiyatlar bilan tavsiflanishi mumkin. Boshqa tomondan, yo‘l xaritalarini yaratish jarayonining boshida ustuvorlik funktsiyasini etarlicha baholamaslik muqarrar ravishda ularning yuqori murakkabligiga, shuningdek tushunish va idrok etishda qiyinchiliklarga olib keladi va bundan tashqari, undan keyingi foydalanish uchun asoratlar paydo bo‘ladi. Shuning uchun, keyingi barcha bosqichlarning samaradorligini oshirish uchun yo‘l xaritalarini modellashtirish funktsiyalariga ustuvor ahamiyat berish va ular orasida eng muhimlarini tanlash afzaldir. Qoida tariqasida, axborot va kognitiv funktsiyaga ega yo‘l xaritalari mavjud tizimdagi o‘zgarishlarning asosiy maqsadi sifatida mo‘ljallanmagan, faqat manfaatdor tomonlarni xabardor qilish va o‘qitish vositasi bo‘lib xizmat qiladi. Korporativ yo‘l xaritalari, aksincha, birinchi navbatda pragmatik funktsiyani bajarish uchun mo‘ljallangan.

Yo‘l xaritasini amaliyotga tadbiq etish bosqichlarida rejalashtirilgan o‘zgarishlarning asosiy vektori odatda universitetning strategik ustuvorliklarini rejalashtirilgan o‘zgartirishlarning institutsional platformasini shakllantirishga, shuningdek zarur moddiy-texnik bazani kengaytirishga, tuzilmalarni ta’minlashga va o‘zgarishlarning asosiy drayverlarini – ustunlik markazlarini ishga tushirishga qaratilgan [6].

Yo‘l xaritasining miqdoriy ko‘rsatkichlari, qoida tariqasida, universitetni xalqarolashtirish bo‘yicha amalga oshirilgan chora-tadbirlar natijalarini aniq baholash va batafsil kuzatish uchun zarurdir. Ushbu yondashuv universitetni xalqarolashtirish strategiyasining yakuniy natijasini uning amaliy rivojlanishini rejalashtirish bilan bog‘lashga imkon beradi, shuningdek, kelgusi qadamlar va harakatlarning kerakli ketma-ketligini o‘z vaqtida qurish imkoniyatini beradi.

Universitetlarni xalqarolashtirish bo‘yicha yo‘l xaritasining o‘ziga xos xususiyati shundaki, ushbu bosqichda ko’zda tutilgan tadbirlar muqarrar ravishda ushbu loyihani amalga oshirishning barcha keyingi bosqichlari-

1-jadval

Yo‘l xaritasi pasporti

	Universitetning me‘yoriy qoidalari		
«Yo‘l xaritasi»ni ishlab chiqish uchun asos	2024-2030 yillarga mo‘ljallangan Universitetni xalqarolashtirishni rivojlantirish dasturining yo‘l xaritasi quyidagi huquqiy hujjatlar asosida ishlab chiqilgan: RF tomonidan: «Rossiya Federatsiyasida ta’lim to‘g‘risida» 2012 yil 29 dekabrdagi 273-FZ-sonli Federal qonuni; Rossiya Federatsiyasi Hukumatining 2012 yil 30 dekabrdagi 2620-r-sonli «Ta’lim va fan samaradorligini oshirishga qaratilgan ijtimoiy sohalardagi o‘zgarishlar» chora-tadbirlar rejasini («yo‘l xaritasi») tasdiqlash to‘g‘risida»gi qarori; Tibbiyot oliy o‘quv yurtlari uchun yo‘l xaritasini ishlab chiqishning asosiy yo‘nalishlari Rossiya Federatsiyasi Sog‘liqni saqlash vazirligining 04.07.2013 yildagi 427-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan. Rossiya Federatsiyasi Sog‘liqni saqlash vazirligida ta’lim samaradorligini oshirishga qaratilgan ijtimoiy soha tarmoqlari. Universitet nizomi. CR tomonidan: Universitet nizomi.		
Yo‘l xaritasi ishlab chiquvchilari	d.t.s., prof. Vorobyov A.E., Uzoqov O.J.		
«Yo‘l xaritasi»ni amalga oshirish muddatlari	I bosqich 2024-2025 yillar II bosqich 2026-2027 yillar III bosqich 2028-2030 yillar		
Maqsad	Universitetni xalqarolashtirishning samarali mexanizmlarini ishlab chiqish, ilmiy asoslash va eksperimental sinovdan o‘tkazish		
Asosiy maqsadlar	– ta’lim xizmatlari bozorida oliy kasbiy ta’limda faoliyat yurituvchi ilmiy yondashuvlar, integratsiya jarayonlari, modellar va mexanizmlarni o‘rganish; – Rossiya Federatsiyasi va MDH mamlakatlarida oliy kasbiy ta’limni xalqarolashtirish xususiyatlarini ochib berish; – turli mamlakatlarni jahon ta’lim xizmatlari bozoriga integratsiya qilishning asosiy samarali vositasi sifatida universitetni xalqarolashtirish samaradorligini asosli baholash/		
Asosiy maqsadlar va ko‘rsatkichlar	Talabalarning harakatchanligi	2024-2030 yillar	Yillik o’sish 10 dan 15 gacha, %
	Xorijiy o‘qituvchilar		Yillik o’sish 1-3%
	Qabul qiluvchi mamlakatlarning ko‘payishi		3 mamlakat uchun
	Xalqaro hamkorlik shartnomalarni tuzish		Yiliga 4-6%
	Xorijiy universitet bilan memorandumni tanlash va tuzish – Strategik sherik		2 ta oliy o‘quv yurti
	Xorijiy hamkorlar bilan nashrlarni ko’paytirish		Har yili 5-10%
	Konchilik ixtirolari uchun ariza berish		Yiliga 10%
	Ilmiy-tadqiqot ishlarini moliyalashtirish uchun grant arizalarini topshirish		Har yili 1-3%
Dasturni moliyalashtirish hajmlari va manbalari	«Strategik hamkor» granti		
Amalga oshirishning kutilayotgan yakuniy natijalari	Ta’lim jarayonini xalqarolashtirish chet ellik talabalar, o‘qituvchilar va tadqiqotchilarni jalb qilishni ta’minlaydi va qo‘shma ilmiy-tadqiqot ishlari soni va hajmini oshiradi.		

da amaliy evolyutsiyasini davom ettiradi. Shu bilan birga, universitetni xalqarolashtirish bo‘yicha yo‘l xaritasi muntazam ravishda (o‘zgaruvchan atrof-muhit sharoitlariga, yuzaga keladigan xavf-xatarlarga, tashqi va ichki muhitda doimiy ravishda yuzaga keladigan kutilmagan vaziyatlarga qarab) qisman yoki hatto to‘liq qayta ko‘rib chiqish sharti bilan bir necha yil davomida tuzilishi mumkin.

Ishning butun hajmini yanada qamrab olish uchun turli xil harakatlarni amalga oshirishni va tegishli tashkiliy modellarni ishlab chiqishni talab qiladigan mamlakatlarning (Rossiya federatsiyasi va Markaziy Osiyo mintaqasi) oliy kasb-hunar ta’limi kontekstlarining xilma-xilligi to‘g‘risida ma’lumotga ega bo‘lish kerak.

Konchilik universitetlarini rivojlantirishning yo‘l xaritalari. Konchilik universitetlari o’zlarining keyingi rivojlanishi uchun juda faol yo‘llarni qidirmoqdalar. Masalan, Sankt-Peterburg konchilik universiteti 2021 yil uchun «Fosagro» YOAJ bilan hamkorlikni rivojlantirish va qo‘shma loyihalarni amalga oshirish bo’yicha yo’l xaritasini ishlab chiqdi.

O‘zbekistonda Prezidentning 2019 yil 8 oktabrdagi PF-5847-son Farmoni bilan Navoiy davlat konchilik instituti Navoiy davlat kontexnologiya universitetiga aylantirildi va bundan oldin universitet faoliyati samaradorligini oshirish bo‘yicha yo‘l xaritasi ishlab chiqildi.

Xulosa. Universitetni xalqarolashtirishni oshirish bo‘yicha bunday loyihani amalga oshirish uchun odatda universitetlararo sheriklikni rivojlantirish strategiyasi ishlab chiqiladi va har safar tegishli tadbirlar yo‘l xaritasi tuziladi, unda muntazam ravishda tezkor uchrashuvlar, seminarlar, vebinarlar, ilmiy va o‘quv ustaxonalari, ilmiy stajirovkalar, turli xil ilmiy sayohatlar, hamkorlikdagi akademik va ilmiy-tadqiqot loyihalari tizimi tavsiflanadi. Hamkor universitetlarga etarli samarali muloqot qilish, shuningdek, loyihaga doimiy ravishda yangi professor-o‘qituvchilar va talabalarni jalb qilish, xalqaro miqyosda erishilgan ko‘rsatkichlarni doimiy ravishda oshirib borish hisoblanadi.

Shuni ta’kidlash kerakki, Rossiyaning eng xalqarolashtirilgan RUDN universiteti xorijiy universitetlar va ilmiy markazlar bilan (shu jumladan, bakalavriat, magistratura va aspiranturaning qo‘shma ta’lim dasturlari bo’yicha) 250 dan ortiq hamkorlik shartnomalarini tuzdi. O‘zbekiston Respublikasi ta’lim muassasalarini rivojlantirish dasturlari (yo‘l xaritalari) Prezident tomonidan 20.04.2017 yilda «Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida» PQ-2909 qabul qilingan.

O‘zbekiston Respublikasi oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi (Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti va Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti) Milliy ta‘lim tizimida baynalmilallashtirish bo‘yicha izchil tizimli o‘zgarishlarni ta’minlash maqsadida Bat universiteti (Buyuk Britaniya) va Britaniya Kengashi bilan hamkorlikda 2017-2018 yillarda «o‘quv rejalari va akademik dasturlarni isloh qilish bo‘yicha va yo‘l xaritasini ishlab chiqish bo‘yicha qo‘shma loyihani amalga oshirdi» [7].

Ushbu loyiha ish beruvchilar, bitiruvchilar, talabalar va o‘qituvchilar va boshqa manfaatdor tomonlarning ehtiyojlarini chuqur tahlil qilish, shuningdek, iqtisodiyot yo‘nalishi bo’yicha mavjud o‘quv dasturlarini (O‘zbekistonda ham, Markaziy Osiyo mintaqasi boshqa mamlakatlarida ham, xalqaro tajribani hisobga olgan holda) qiyosiy tahlil qilishdan iborat edi. Ushbu loyiha doirasida Toshkent, Samarqand, Farg’ona [12] va Buxorodagi 29 ta universitet professor-o’qituvchilari bilan maslahatlashuvlar o‘tkazildi.

Faoliyatni xalqarolashtirish bo’yicha tashkiliy ishlar nafaqat O‘zbekiston va Rossiya oliy o‘quv yurtlarida amalga oshiriladi.

Shunday qilib, belgilangan metodologiya asosida xalqaro tibbiyot oliy maktabi (MVSHM) faqatgina 2023 yilda ikkita nufuzli klinikalar bilan shartnomalar imzoladi: Islomobod shahridagi Shifa International Hospital va Lahor shahridagi Ittefaq Hospital Trust (Pokiston). Ushbu kelishuvlar akademik mukammallikka erishish va xalqaro strategik hamkorlikni rivojlantirishda juda muhim qadam hisoblanadi [5].

Bibliografik ro’yxat:

1. Воробьев А.Е. Обоснование «дорожной карты» повышения эффективности финансирования НИР вузов // ГеоИнжиниринг. – № 3. – Москва, 2014. – С. 28-36.

2. Воробьев А.Е. Разработка «дорожной карты» повышения эффективности финансирования НИР ВУЗов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – № 1. – Москва: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2015. – С. 10-17.

3. Воробьев А.Е., Торогелдиева А.Б., Воробьев К.А. Перспективные пути развития международной деятельности вузов стран Центрально-Азиатского региона: Монография / Под ред. акад. НАН Кыргызстана К.Ч. Кожогулова. – М.: Издательство «Спутник +», 2023. – 99 с.

4. Кирабаев Н.С., Воробьев А.Е., Каукенова А.С. Возможности участия РУДН в научно-технической программе «Эврика» // Вестник Российского университета дружбы народов. – № 1. Москва: РУДН, 2013. – С. 64-69.

5. МВШМ // https://www.ism.edu.kg/ru.

6. План мероприятий по реализации программы повышения конкурентоспособности («дорожная карта») Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013-2020 годы. – Казань: КФУ, 2013. – С. 35-40.

7. Разработка дорожной карты по реформированию учебных планов и программ // https://www.britishcouncil.uz/ru/programmes/education-society/curriculum-review-roadmap.

8. Трифонова Л. Интернационализация как процесс интеграции высшего образования Республики Молдова в мировой рынок образовательных услуг // Диссертация на соискание учёной степени доктора экономических наук. Кишинэу, 2021. 323 с.

9. Шуматов В.Б., Крукович Е.В., Черная И.П., Транковская Л.В. Дорожная карта развития университета: преимущества использования и проблемы создания // Тихоокеанский медицинский журнал. – № 4. – Владивосток, 2014. – С. 8-11.

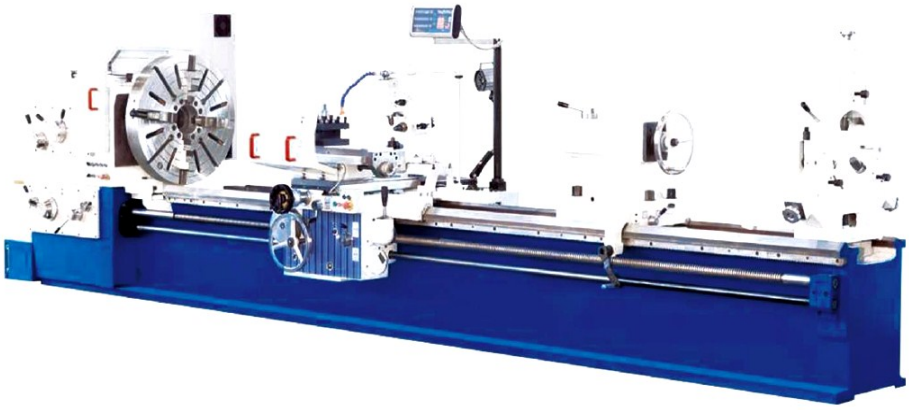
10. Lyubov Y. Matich. Roadmaps as a tool for modeling complex systems. National research university higher school of economics. – Moscow. 2017. 23 p.

11. Monika Matusiak, Katerina Ciampi Stancova, Mafini Dosso, Chux Daniels and Michał Miedziński. Science, technology and innovation (STI) for sustainable development goals roadmaps. Joint Research Centre. 2020. – 63 p.

12. Sidikov A.A., Vorobyov A.E., Vorobyov K.A., Suleimanov A.M. Farg’ona tibbiyot institutida xalqarolashtirish jarayonlarini rivojlantirish // Международный научно-практический журнал «ENDLESS LIGHT in SCIENCE». – № 2. – Алматы – Казахстан, 2023. – С. 493-497.

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

KPMG В УЗБЕКИСТАНЕ – КОМПАНИЯ «БОЛЬШОЙ ЧЕТВЕРКИ»

Абдумуминов Д.,
старший менеджер
Группы технологического консультирования
KPMG в Центральной Азии и Кавказе

Аталикова Р.,
старший консультант
Группы технологического консультирования
KPMG в Центральной Азии и Кавказе

Raqamli transformatsiya – ishlab chiqarish va qo'llab-quvvatlash jarayonlarini o'zgartirish, ish faoliyatini yaxshilash uchun raqamli mahsulotlar va texnologiyalardan foydalanish orqali yangi biznes modellari, aloqa kanallari, korporativ madaniyatga o'tish bilan bog'liq bo'lgan keng qamrovli biznes transformatsiyasi.

Tayanch iboralar: *rejalar, vazifalar, biznesni rivojlantirish, texnologiyalar, integratsiya, resurslar, imkoniyatlar, raqamli transformatsiya.*

Цифровая трансформация является всеобъемлющим преобразованием бизнеса, которое связано с изменением производственных и обеспечивающих процессов, переходом к новым бизнес-моделям, каналам коммуникаций, корпоративной культуре за счет использования цифровых продуктов и технологий для повышения эффективности деятельности.

Ключевые слова: *планы, задачи, развитие бизнеса, технологии, интеграция, ресурсы, возможности, цифровая трансформация.*

Использование и внедрение цифровых технологий уже закреплено в Законодательстве Республики Узбекистан: принят Указ об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан – 2030» и мерах по его эффективной реализации.

Основной целью цифровой трансформации является – синхронизация инициатив, которые позволяют бизнесу поддержать и укрепить стратегию роста путем:

– определения планов и задач развития бизнеса;

– определения перспективных цифровых продуктов для выполнения поставленных бизнес-задач;

– выбора цифровых продуктов/технологий и интеграции их в единую ИТ-архитектуру;

– изменения бизнес-процессов, систем и архитектур управления, набора ключевых показателей эффективности (KPI) и ресурсного обеспечения для реализации цифровых возможностей.

Непрерывное развитие технологических платформ, рост проникновения промышленной автоматизации, использование интернета вещей, искусственного интеллекта и других технологий – влияют на стратегию развития компаний и создают необходимость проработки комплексной программы цифровой трансформации.

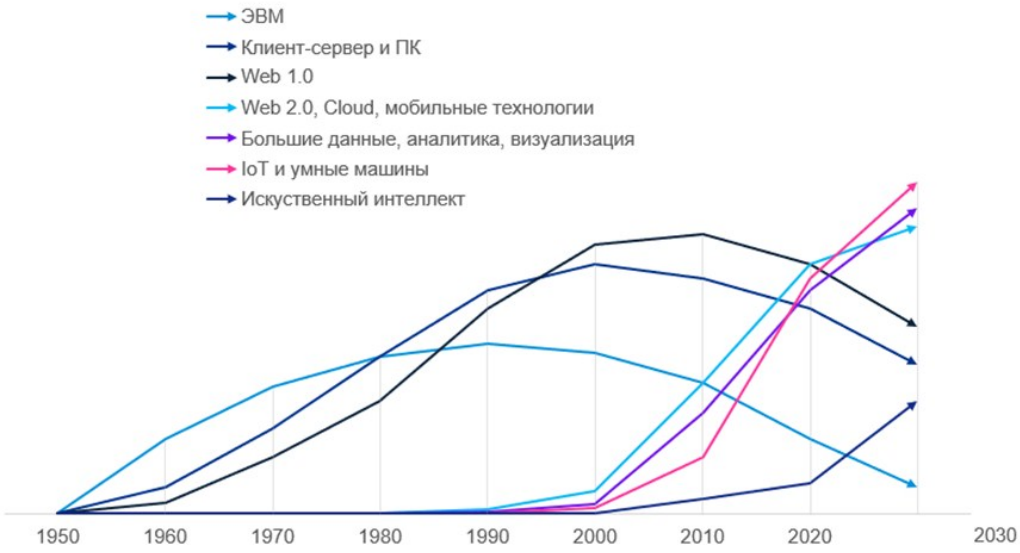


Рис. 1. Динамика роста цифровых технологий

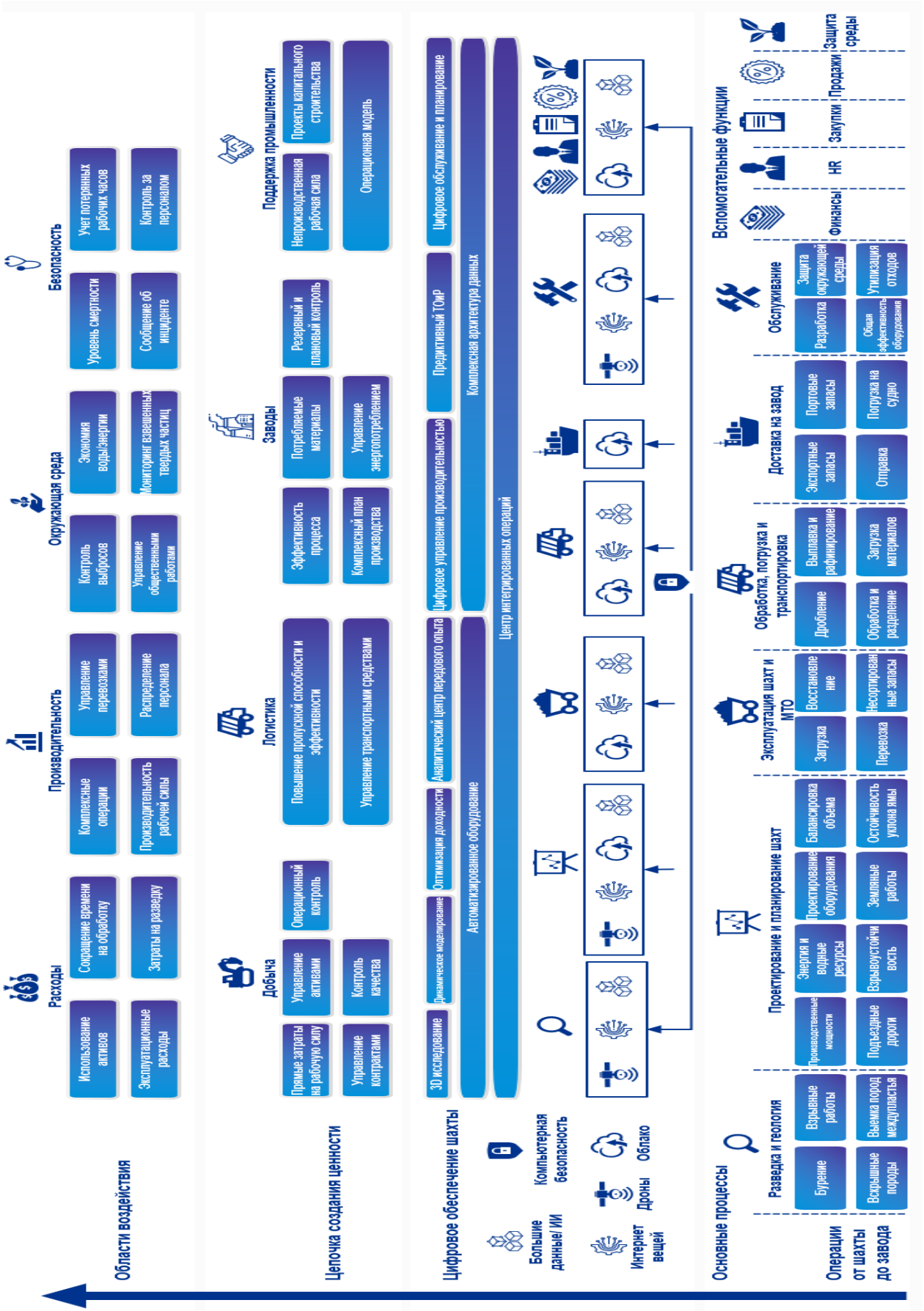


Рис. 2. Референсная архитектура интеллектуального промышленного предприятия KPMG

Основные вызовы для цифровой трансформации Metals&Mining

I. Основные вызовы в реализации цифровой трансформации:

1. Изменяющиеся цепочки поставок приводят к высокой волатильности на рынке поставок металлов. Рынки становятся более требовательными, что налагает большие требования к инструментам интегрированного планирования. Недостаточная оснащенность контрольно-измерительными приборами.

2. Текущие месторождения находятся на фазе исчерпания легко извлекаемых запасов. Новые месторождения зачастую имеют низкие содержания полезного ископаемого и требуют больших усилий и вложений на доразведку, а также высоких затрат на добычу.

3. Рост затрат на рабочую силу, коммунальные расходы, электроэнергию являются результатами высоких требований к инфраструктуре и повышенной сложности проектов по модернизации текущих предприятий.

4. Рынки развитых стран ужесточили требования к прозрачности аудитов экологического поведения, социальной ответственности, а также к корпоративным ценностям компаний.

Основные вопросы в реализации цифровой трансформации:

1. Обоснование экономической целесообразности и окупаемости инвестиций в цифровизацию.

2. Возможность реализации быстрых побед и результатов от цифровизации.

3. Формирование дорожной карты реализации цифровых инициатив.

4. Формирование ИТ-команды для разработки собственных продуктов.

II. Ключевые технологии в горнодобывающей и металлургической промышленности.

Наработанная база практик и методологий KPMG позволяет управлять перспективными технологиями и практиками для реали-

Рис. 3. Пример использования платформенного подхода с использованием технологий искусственного интеллекта и дополненной реальности

Рис. 4. Пример использования технологии информационного моделирования

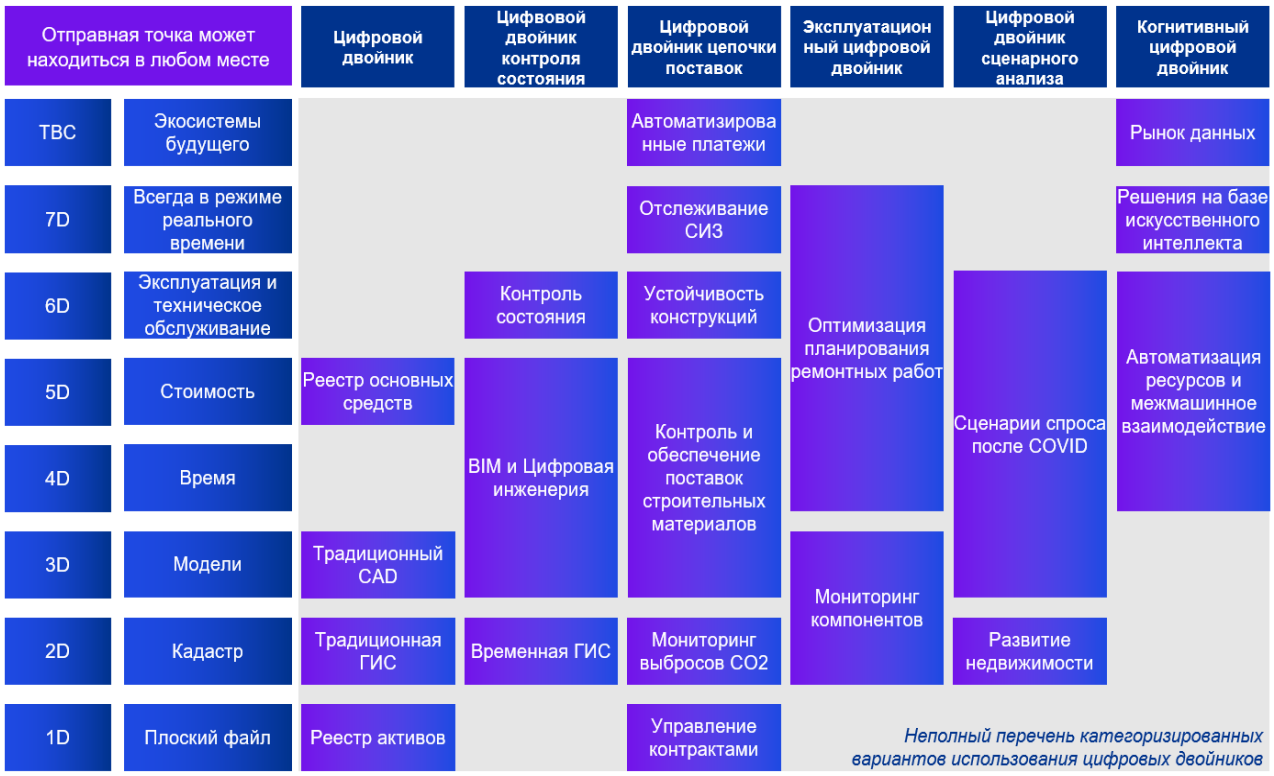


Рис. 5. Таксономия вариантов использования цифровых двойников

зации конкурентных преимуществ и перехода на data-driven подход в принятии управленческих решений на всем жизненном цикле промышленного актива.

Перспективными технологиями для реализации цифровой трансформации в горнодобывающей и металлургической промышленности являются:

Платформенный подход, позволяющий решать задачи систем управления, IT/OT конвергенции, сбора и хранения данных:

Платформенный подход позволяет унифицировать практики по разработке дополнительных программных модулей, стандартизировать требования по сквозным политикам информационной безопасности, разработать и внедрить инструменты и практики по процессам CI/CD для непрерывной разработки, тестирования, управления качеством программных продуктов. Платформенный подход позволяет эффективно реализовывать сложные программно-аппаратные комплексы, такие как:

1. MES-система (Manufacturing Execution System) – это информационная система, разработанная для планирования и оперативного управления производством. Применение MES-систем повышает загрузку оборудования, сокращает складские запасы, снижает процент брака и пр.

2. Лабораторная информационная менеджмент система (ЛИМС) – решение для получения достоверной информации о качестве сырья, технологических процессах, готовой продукции, управлению рецептур.

3. Технологии интернета вещей (IoT) – специализированная платформа, обеспечивающая сбора данных с различных устройств, для последующей обработки данной информации, к примеру визуализации графика изменения температуры в разных помещениях офисного пространства, для последующей корректной и экономной настройки систем кондиционирования.

4. Распределенные SCADA-системы (supervisory control and data acquisition) – для создания единых диспетчерских, собирающих информацию со всех систем: АСУТП, АСКУЭ. Данный подход позволяет создавать единую систему сбора и обработки полевой информации для централизованного мониторинга и принятия решений.

Внедрение решения по продвинутой аналитике и цифровым двойникам:

Технологии информационного моделирования (BIM, Building Information Model/ Modeling) – это создание цифровой информационной модели объекта для анализа и прогнозирования возможных последствий реализации конкретных проектных решений;

Цифровой двойник промышленного актива – виртуальная модель физического объекта, которая накапливает, анализирует и отображает данные о нем в режиме реального времени. Позволяет моделировать различные производственные сценарии и повышать качество принятия управленческих решений.

Роботизация и промышленное оборудование с беспроводными интерфейсами:

1. Активное внедрение беспроводных технологий для организации передачи данных с полевого уровня. С внедрением технологии 5G появляются инструменты, позволяющие организовать не просто передачу данных, но и управление подвижными объектами, такими как беспилотные самосвалы.

2. Дроны или беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – беспилотные аппараты, которые могут автоматически работать по заданному плану в воздухе или с помощью дистанционного управления персонала.

3. Беспроводные датчики, которые позволяют эффективно управлять активами, повышать их производительность за счет мониторинга и фиксирования данных о состоянии активов.

Создание центров цифровых компетенций, внедрение IT-инструментов для поддержки практик бережливого производства, 5S:

1. Организация непрерывного процесса обучение рабочего персонала, руководителей среднего звена и высшего менеджмента практикам и трендам по цифровизации.

2. RFID (Radio Frequency IDentification) – решения на базе технологий радиочастотной идентификации. Позволяют организовать прослеживаемость производственного процесса, движение материалопотоков, управление перемещениями на складах, управление активами. Для примера: оборудование RFD метками режущих головок ЧПУ станков позволяет контролировать время использования инструмента в автоматическом режиме.

3. Штрих-кодирование и 2D коды (QR, DMC коды) могут наносится на ящики и паллеты для автоматизации прослеживаемости и процессов канбан.

Применение цифровых технологий для решения задач устойчивого развития (ESG -экологическое, социальное и корпоративное управление):

1. Многие горнодобывающие и металлургические компании используют технологию блокчейн для поддержки и реализации стратегии устойчивого развития.

2. Активное внедрение инструментов информационной безопасности для снижения рисков связанных с кибербезопасностью и конфиденциальностью данных.

III. BIM и Цифровой двойник промышленного актива как планирование и проектирование – значительно изменились благодаря технологиям:

Ключевыми технологиями при планировании и проектировании промышленных объектов являются BIM и Цифровой двойник:

– BIM позволяет автоматизировать и ускорить процесс разработки проектов, сократить ручные операции, оптимизировать затраты на выполнение проектных работ за счет использований цифрового моделирования;

– Цифровой двойник промышленного актива позволяет отображать и анализировать его текущее состояние в режиме реального времени, а также управлять обслуживанием за счет использования информационной модели на всех этапах жизненного цикла актива и автоматизированной оцифровки задач планирования и проектирования.

Потенциальные эффекты от реализации технологии BIM:

1. Контроль процессов планирования и проектирования благодаря визуализированному управлению сроками и бюджетом проекта в BIM-системе.

2. Сокращение рисков срывов сроков проекта при выявлении коллизий на основе BIM-моделирования и источников отклонений от календарного-сетевого графика.

3. Оптимизация затрат до 80% на выполнение проектных работ за счет встроенного моделирования конструкций разного типа и др.;

4. Экономия затрат до 18% на различных этапах жизненного цикла актива.

5. Сокращение количества несчастных случаев благодаря анализу рельефа местности и выявлению опасных зон на объекте.

6. Сокращение ручной работы и трудоёмкости проектирования за счет повторного использования реализованных проектных решений и данных.

Потенциальные эффекты от реализации технологии Цифрового двойника промышленного актива:

1. Автоматизация оцифровки процессов диагностики, технологического обслуживания и ремонтов за счет синхронизации статичных и динамичных данных в единой информационной модели.

2. Снижение влияния человеческого фактора на качество выполнения проектных работ на промышленном активе за счет моделирования сложных планов производства и обучения персонала с помощью 3D-инструкций.

3. Сокращение расходов на внедрение цифровых инициатив за счет централизированного сбора данных со всех информационных систем на всем жизненном цикле промышленного актива.

4. Оптимизация процессов и снижение затрат на испытания за счет возможности виртуального моделирования.

5. Уменьшение вероятности отказа оборудования за счет анализа и хранения данных о физических активах в режиме реального времени.

Команда KPMG успешно реализовала ряд проектов по внедрению технологий BIM и Цифровой двойник.

Примеры таких проектов:

1. Описание проекта: сопровождение разработки «умного производства» для клиента из металлургической промышленности для предотвращения избыточных выбросов токсичных сернокислотных материалов в процессе плавки продуктов 95%-ной чистоты, которые превращаются в продукты с содержанием меди 99,8% путем электролиза в растворах электролитов.

Описание роли и подхода KPMG:

– Разработка стратегии модернизации для обеспечения оперативного контроля и предотвращения любых аварий, связанных с безопасностью и окружающей средой;

– Внедрены модули MES-системы, разработана платформа больших данных по сбору данных, а также конфигурации озера данных;

– Разработана методология для предиктивного технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОиР);

– Разработаны планы по повышению безопасности и управлению объектами с помощью решений информационного моделирования зданий (BIM).

Основные результаты проекта:

– Реализована методология по поиску сигналов неисправности оборудования за счет модернизации исходных технологий, платформы больших данных, ИИ-алгоритмов сбора данных;

– Реализована методология предиктивного выявления избыточных выбросов в окружающую среду для проведения профилактического обслуживания производственных объектов в течение 24 часов.

Основные результаты проекта:

– Реализована методология по поиску сигналов неисправности оборудования за счет модернизации исходных технологий, платформы больших данных, ИИ-алгоритмов сбора данных;

– Реализована методология предиктивного выявления избыточных выбросов в окружающую среду для проведения профилактического обслуживания производственных объектов в течение 24 часов.

2. Описание проекта: разработка цифрового двойника для предиктивной аналитики и снижения частоты засора испарительных колонн промышленной компании.

Описание роли и подхода KPMG:

– Разработка имитационной модели и создание аналитического и продуктивного контура, при взаимодействии которых от продуктивного контура в аналитический поступали исторические данные, а обратно возвращались модели, предсказывающие и анализирующие состояние установки;

– Использование исторических данных состояний узлов установок, результатов лабораторных анализов веществ для разработки модели данных.

Основные результаты проекта:

– Разработано хранилище исторических данных, включающее мониторинг режимов работы производства и их производных;

– Разработан Цифровой двойник, осуществляющий мониторинг установок в режиме реального времени и предсказывающий прирост давления в краткосрочной перспективе, а также список наиболее важных факторов влияющих на засор колонн.

3. Описание проекта: разработка Цифрового двойника для моделирования сквозного процесса цепочки поставок промышленной компании, чтобы обеспечить прозрачность и необходимую детализацию данных.

Описание роли и подхода KPMG:

– Разработка имитационной модели и создание цифровых двойников на базе IoT сквозного процесса цепочки поставок;

– Разработка модели данных, отражающей текущее состояние моделируемой системы;

– Анализ и тестирование сценариев для сокращения сроков выполнения цепочки поставок и повышения ее прибыльности.

Основные результаты проекта:

– Сокращение эксплуатационных расходов на 40% (более чем на 30 млн долларов США) в течение первых 6 месяцев использования технологии Цифровых двойников;

– Окупаемость инвестиций составила 50% за первые 6 месяцев использования имитационной модели и Цифровых двойников.

Для более точного понимания какой тип Цифрового двойника необходим предприятию нужно понимать таксономию цифровых двойников.

Цифровые двойники могут представлять из себя различные активы поэтому, как и в случае с физическими активами, они требуют четкого обоснования преимуществ, плана управления и стратегии использования.

KPMG обладает огромным глобальным опытом в разработке стратегий роста для предприятий различных секторов и имеет ряд специальных методологий для разработки, а также партнерства с крупными ИТ-интеграторами и инновационными стартапами.

Услуги технологической практики KPMG покрывают все измерения целевой операционной модели и охватывает весь жизненный цикл инноваций и технологий для промышленных предприятий:

1. Разработка стратегии цифровой трансформации.
2. Создание операционной модели, функции цифровой трансформации.
3. Формирование портфеля цифровых проектов/ продуктов.
4. Разработка методологии управления цифровизацией.
5. Сопровождение прототипирования, создания MVP.
6. Оптимизация производственной отчетности и метрик на базе продуктов.
7. Оптимизация и реинжиниринг бизнес-процессов под цифровую стратегию.
8. Анализ бизнес-процессов, выбор платформ и технологий для автоматизации процессов.
9. Разработка методики учета эффектов от цифровизации.

Библиографический список:

1. Отчет KPMG, подготовленный по заказу Центра цифрового строительства Британии Кембриджского университета.
2. Исследование KPMG об эффективности управления информацией в процессах строительства (2021).

СНИТКА НИКОЛАЙ ПАВЛОВИЧ

Николай Павлович Снитка родился 19 сентября 1953 года в станице Троицкой Крымского района Краснодарского края.

В 1974 году поступил в Новочеркасский политехнический институт, который успешно окончил в 1979 году и получил квалификацию горного инженера-геолога.

Трудовая биография Николая Павловича с самого первого дня связана с Навоийским горно-металлургическим комбинатом, призванным осваивать несметные богатства недр Кызылкумов.

В конце 60-х годов прошлого столетия, когда НГМК стоял у истоков своего развития, сюда приезжали специалисты со всех уголков бывшего Союза. По мере того, как расширялся комбинат, на бескрайних просторах пустыни строились города, заводы и карьеры, требовалось всё больше людей, и их набирали среди лучших выпускников технических вузов.

Среди молодых специалистов был и Николай Павлович Снитка. Сегодня он – высококлассный специалист, который внёс большой вклад в развитие Кызылкумского региона, в укрепление экономики независимого Узбекистана. Человек, для которого Узбекистан стал второй Родиной, в процветание которой он вот уже почти 45 лет вкладывает знания и душу.

Работая главным геологом, главным инженером, начальником рудника «Мурунтау» и директором Центрального рудоуправления, много сил, знаний и энергии он отдал развитию Зарафшанского золоторудного региона. Н.П. Снитка является одним из инициаторов технического перевооружения рудника «Мурунтау», активно участвовал во внедрении автоматизированной системы оконтуривания и подсчёта запасов и системы автоматизированного проектирования технологической подготовки горного производства.

Под его техническим руководством усовершенствована технология очистных работ, внедрена автоматизированная система контроля и управления работ экскаваторно-автомобильного комплекса с применением технологий GPS.

Он внёс большой вклад в освоение и организацию работ по добыче фосфоритных руд на месторождении Ташкура, в строительство и запуск завода по производству эмульсионных взрывчатых веществ.

С 2010 по 2022 гг. Н.П. Снитка трудился главным инженером НГМК. Должность очень ответственная, функции непростые. Среди них определение технической политики, перспектив развития НГМК и путей реализации комплексных программ технического перевооружения и реконструкции; организация работы по повышению технического и технологического уровня производства, качества продукции; повышение эффективности и рентабельности производства за счёт наиболее полного и комплексного использования месторождений полезных ископаемых; организация геологоразведочных и опытных работ, научных исследований, направленных на укрепление сырьевой базы комбината и повышение эффективности разработки недр; а также контроль над соблюдением технологической дисциплины, правил и норм по охране труда, технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной защите, защите от чрезвычайных ситуаций, требований законодательства и нормативно-технических документов по безопасному ведению работ, пользованию и охране недр, охране окружающей среды и так далее.

Коллектив, который сплотил Николай Павлович – это коллектив единомышленников, взаимозаменяемая команда, которая работает чётко, оперативно, мыслит в нужном направлении для комбината и для развития страны.

Автор 14 патентов в области подземного выщелачивания урана, по добыче и переработке золотосодержащих руд. Кроме того, Николаем Павловичем совместно со специалистами НГМК и учёными НГГТУ опубликовано более 30-ти научно-технических статей.

Им самостоятельно и в соавторстве издано 5 монографий: Технология селективной добычи неконтрастных зернистых фосфоритов (2008); Разработка методов и выбор средств формирования рудного потока при совместной разработке месторождений природного и техногенного происхождения (2015); Ресурсосберегающие технологии ведения буровзрывных работ на карьерах (2017); Управление параметрами буровзрывных работ и устойчивостью бортов на глубоких карьерах (2017); Совершенствование методов управления техногенными ресурсами при открытой разработке месторождений (2018). Эти озвученные новые идеи, опыт и знания, несомненно, станут хорошим подспорьем в дальнейшей работе геологов не только нашей страны, но и за её пределами.

Все, кто работал когда-то и работает сейчас с Николаем Павловичем, отмечают, что с ним всегда интересно трудиться и дружить, что он очень многогранный человек.

Снитка Н.П. входит в состав редакционного совета «Горный вестник Узбекистана».

В настоящее время Н.П. Снитка трудится советником главного инженера АО «НГМК». Его богатый опыт и знания позволяют находить правильные решения в сложных ситуациях нашего непростого времени, добиваться экономической стабильности предприятия. Николая Павловича знают и уважают как отзывчивого, искреннего и благородного человека, справедливого, чуткого и внимательного руководителя.

За достижения в труде Н.П. Снитка награжден орденом «Дустлик», присвоено почётное звание «Заслуженный работник промышленности Республики Узбекистан», Лауреат государственной премии I степени в области науки и техники (2022 г.). Он является полным кавалером отраслевых нагрудных знаков «Шахтёрская слава» и «Горняцкая слава». Ветеран НГМК.

Руководство АО «НГМК», АО «АГМК», ГП «Навоийуран», НГГТУ, ТГТУ им. И. Каримова, Академия наук Республики Узбекистан, Алмалыкский филиал НИТУ «МИСИС», Университет геологических наук, Алмалыкский филиал ТГТУ, ООО «O'zGEORANGMETLITI», редакция журнала «Горный вестник Узбекистана», а так же друзья и коллеги поздравляют Снитку Николая Павловича с 70-летним юбилеем и желают ему крепкого здоровья, жизненной энергии, творческих успехов и новых научных достижений.

HASANOV ABDURASHID SOLIEVICH

Abdurashid Solievich Hasanov 1958 yil 26 sentyabrda Toshkent viloyati Ohangaron tumani Obiz qishlog'ida dunyoga kelgan.

1975 yili o'rta maktabni bitirgach, shu yili ToshPIning kon-metallurgiya fakultetiga «rangli metallar metallurgiyasi» mutaxassisligi bo'yicha o'qishga kirib, uni 1983 yilda tamomladi. Kechki o'qish bilan birga kunduzi 6 yil «Olmaliq KMK» OAJ ning qo'rg'oshin va rux boyitish zavodlarida ishlagan.

1990 yili Olmaliq tog'metallurgiya kombinati rux zavodi klinkerlarini mis eritish zavodida kayta ishlash sohasiga yangilik kiritganligi uchun yosh olimlar orasida O'zbekistan Fanlar Akademiyasi mukofotining laureati bo'lgan.

1991 yildan buyon O'zbekiston jurnalistlar uyushmasi a'zosi.

2000 yili sanoatda mis, oltin, kumush metallarini texnogen chiqindilardan qayta olish samaradorligini oshirganligi va el-yurt o'rtasidagi katta hurmat-e'tibori uchun «Mehnat Shuhrati» ordeni bilan taqdirlangan.

2001 yilda Tomsk politexnika universitetining yubiley medali bilan, 2005 yilda II-darajali, 2009 yili esa I-darajali «Konchilik shuhrati» ko'krak nishoni bilan taqdirlangan.

A.S. Xasanov 2008 yil «rux va mis ishlab chiqarishda texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasi» mavzusida doktorlik dissertasiyasini himoya qildi va bugungi kunga qadar 500 dan ortiq ilmiy - uslubiy maqolalar, jumladan, 28 ta mualliflik guvohnomasi va patent, 28 ta monografiya, 13 ta o'quv qo'llanma va 20 dan ortiq turli janrdagi risola va kitoblar yaratdi.

U muntazam ravishda ilmiy tadqiqot ishlari bilan shug'ullanib keladi. «Olmaliq KMK» AJ va kon korxonalarining grant va xo'jalik ilmiy tadqiqot ishlariga rahbarlik qilmoqda. Rahbarligi va loyihasi asosida mis eritish zavodi texnogen chiqindilarni qayta ishlash natijasida 1998 yilda kushimcha 211,8 *t* mis, 13,4 *kg* oltin, 90,1 *kg* kumush olingan. Natijalar bo'yicha 26,89 mln. so'mlik qo'shimcha mablag', (1998 yil holati) va bunga O'zbekiston Respublikasining № 5071 raqamli patenti olingan. U tomonidan fanga «termogravitasiya» termini kiritilib, uning nazariya asosi va texnologiyasi yaratildi.

2005-2008 yillarda uning loyihasi bo'yicha sanoat miqyosida misli shlaklarni maydalashning yangi texnologiyasi yaratildi va sinovdan o'tkazildi.

Olmaliq mis eritish zavodida misli suyuq shlaklarni kumoklash texnologiyasi sanoatda sinovdan o'tkazildi. Tajriba muvaffaqiyatli o'tgach, bu haqida monografiya yaratilib, yosh mutaxassislarga qo'llanma sifatida taqdim etildi.

U doimiy ravishda mustaqil davlatlar Hamdo'stligi, xalqaro hamda Respublika miqyosidagi konferentsiyalarda qatnashib keladi. 50 dan ortiq maqolalari ustozlari, shogirdlari bilan hammualliflikda ingliz tiliga tarjima qilinib, AQSh, XXR, Koreya Respublikasi va Saudiya Arabistonida chop etilgan.

A. Hasanov Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi ixtisoslashgan Kengash a'zosi (2007-2014), Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetining ixtisoslashgan Kengash a'zosi (1997-2010) bo'lib faoliyat yuritdi.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestasiya Kengashida «er to'g'risidagi» ekspert Kengashi a'zosi, 2013 yildan hozirga qadar «Geologiya, minerologiya va geografiya» ekspert Kengashi raisi sifatida ham faoliyat yuritib kelmoqda.

2011 yildan Vazirlar Mahkamasi fan va texnologiyalarni rivojlantirishni muvofiqlashtirish qo'mitasi ekspert Kengash a'zosi, shuningdek guruh rahbari sifatida 2017 yilgacha sidqidildan mehnat qildi.

O'zbekiston Respublikasi innovasion rivojlanish vazirligining «nanotexnologiya va kimyoviy texnologiya» yo'nalishida ekspert Kengash a'zosi, 2023 yildan esa innovasion rivojlanish agentliging jamoatchilik kengashi raisi etib saynlangan.

2017 yil BMT huzuridagi butun jahon intellektual mulk tashkiloti (VOIS)ning navoiylik bir guruh olim va mutaxassislar qatori «ixtirochilik uchun» oltin medal sohibi (Jeneva sh.), 2018 yil – fanga va ixtirochilikka qo'shgan ulkan hissasi uchun xalqaro olimlar assosiasiyasi Rossiya tabiiy bilimlar akademiyasining Alfred Nobel nomidagi medali bilan taqdirlandi.

A. Hasanov 2009 yildan BMT assosiasiyasida ro'yxatdan o'tgan xalqaro ekologiya va hayot xavfsizligi fanlari Akademiyasi akademigi, 2010 yildan Rossiya tabiiy fanlar akademiyasi akademigi, 2016 yildan O'zbekiston Turon fanlar akademiyasi akademigi, 2018 yildan Rossiya tabiiy bilimlar akademiyasining Korrespondent a'zosi, 2021 yildan Qozog'iston Respublikasi mineral resurslar akademiyasi akademigi, 2022 yildan Evroosiyo xalqaro konchilik akademiyasining akademigi etib saylangan.

A. Hasanov 14 ta fan nomzodlari, falsafa doktorlari (PhD) va 4 ta texnika fanlari doktori (DSc) ilmiy darajali shogirdlarini tayyorladi, barchasi dissertasiyalarni himoya qilib, bugungi kunda iqtisodiyot tarmoqlarining turli sohalarida faoliyat yuritib kelmoqda.

Uning rahbarligida OKMK AJda ilk bor palladiy metalli sof holatda olindi, shuningdek bugungi kunda indiy, platina, rodiy, iridiy, nikel, selen, tellur kabi qimmatbaho metallarni sanoat eritmalaridan ajratib olish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

«Navoiy kon-myetallurgiya kombinati» AJ, «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ rahbariyati, «Navoiyuran» DK, Innovatsion rivojlanish agentligi, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, I. Karimov nomidagi TDTU, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, TDTU Olmaliq filiali, «MISIS» Olmaliq filiali, «O'zGEORANGMETLITI» MChJ, kon-metallurgiya sanoati ilmiy-texnik jamiyati, «O'zbekiston konchilik xabarnomasi» jurnali tahririyati, shuningdek, do'stlari, shogortlari va hamkasblari Hasanov Abdurashid Solievichni 65 yillik yubileylari munosobati bilan chin qalblaridan tabriklaydi, unga mustahkam sog'lik, kuch-g'ayrat, ijodiy muvaffaqiyatlar va yangi ilmiy yutuqlar tilaydilar.

MUXIDDINOV BAXODIR FAXRIDDINOVICH

65

Mamlakatimiz kimyo va kon-metallurgiya sanoatidagi yirik olim, kimyo fanlari doktori, professor Muhiddinov Baxodir Faxriddinovich 1958 yil Buxoro viloyatining G'ijduvon tumanida tavallud topgan.

Bo'lajak etuk olim tumandagi 30-sonli maktabni a'lo baholarga tugatib, Toshkent davlat univyersitetining kimyo fakultyetiga o'qishga kirdi.

1981 yilda universitetni imtiyozli diplom bilan tamomlab, kimyo fakulteti huzuridagi «Polimerlar kimyosi muammolari» laboratoriyasida katta laborant, kichik ilmiy xodim, katta ilmiy xodim lavozimlarida ishlab, ilmiy-tadqiqot ishlarini amalga oshirib, nomzodlik dissertatsiyasini himoya kildi. U 1993 yilda dotsent ilmiy unvoniga sazovor bo'ldi.

B.F. Muhiddinov o'zining mehnat faoliyatini 1987 yilda Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetida (o'shanda Toshkent davlat texnika universitetining Navoiy shahridagi filiali) boshlaydi.

Universitetdagi samarali faoliyati davrida Baxodir Faxriddinovich kafedra assistenti, katta o'qituvchisi, kafedra dotsenti, kafedra mudiri, fakultet dekani va ilmiy ishlar bo'yicha prorektor lavozimlarida ish olib bordi.

B.F. Muhiddinov 1999-2009 yillarda Navoiy viloyati o'rta maxsus kasb-hunar ta'limi boshqarmasiga qarashli Navoiy texnika-iqtisodiyot kollejida direktor lavozimida faoliyat ko'rsatib keldi.

B.F. Muhiddinov 2000 yilda «Polivinilftorid asosida kompozitsion materiallar yaratish, xossalarining tadqiqoti va ularni olish texnologiyasi» mavzusida doktorlik dissertatsiyasini muvaffaqiyatli himoya qildi.

Olim 2001 yilda professor ilmiy unvoniga sazovor bo'ldi.

Baxodir Faxriddinovich ilmiy ishlar bo'yicha prorektor lavozimida ishlagan davrida hozirda Navoiy shahrining ko'rki bo'lib turgan universitetning yangi binosini loyihalash, universitet moddiy texnik bazasini shakllantirishga asosiy hissa qo'shgan jonkuyar fidoiylardan bo'ldi.

Profyessor B.F. Muhiddinov boshchiligidagi olimlar guruhi yaratgan texnik kraxmal asosida chang bostiruvchi preparatlar Markaziy kon boshqarmasining «Muruntov» konida sinovdan o'tkazildi va ishlab chiqarishga tatbiq etildi.

Uning rahbarligida atsetilenni gidratlab atseton va atsetaldegid olish bo'yicha qator tadqiqotlab o'tkazilib, ixtiro asosida Intellektual mulk agentligidan davlat patenti olindi, qolaversa farmatsevtika, kimyo va oziq -ovqat sanoati uchun muhim bo'lgan neft-gaz quduqlari yo'ldosh suvlaridan yiodni ajratib olish, sulfat kislota ishlab chiqarishda mahalliy xomashyolar asosida katalitik tizimlarni yaratish, polimer mahsulotlar chiqindilaridan qimmatbaho mahsulotlar olish hamda ularning biopar-chalanish mehanizlarini tadqiq qilish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Professor B.F. Muxiddinov ilmiy va pedagogik faoliyati davomida 600 dan ortiq ilmiy ishlar chop ettirgan, jumladan 200 dan ortiq ilmiy maqolalar, 5 ta monografiya, 10 dan ortiq darslik va o'quv qo'llanmalar hamda 20 dan ortiq O'zbekiston Respublikasi patentlari va EHMlar uchun guvohnomalar olingan.

Uning rahbarligida 2 ta fan doktori, 11 nafar fan nomzodi va falsafa doktorlari (PhD), 40 dan ortiq magistrlik dissertatsiyalari tayyorlangan. Bugungi kunda 3 nafar doktorantning hamda 2 nafar mustaqil izlanuvchilarning doktorlik dissertatsiyalariga ilmiy maslahatchilik qilmoqda.

Uning rahbarligida talabalardan M. Samadova Islom Karimov nomidagi va A. Rajabov, Sh. Sa'dullayev, Abu Rayhon Byeruniy nomidagi davlat stipendiyasi sovrindorlari bo'lishgan. Kamtarin inson, izlanuvchan rahbar Bahodir Muhiddinov 2009 yildan buyon Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti ilmiy ishlar bo'yicha prorektor lavozimidagi faoliyati davomida 10 dan ortiq xalqaro va respublika miqyosidagi ilmiy anjumanlarni tashkiliy qo'mitaning rahbari sifatida yuqori saviyada o'tkazib kelgan.

Kimyogar olim B.F. Muhiddinov hozirgi kunda Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti qoshidagi DSc.17/30.12.2019.T.06.01 raqamli ilmiy Kengash a'zosi va PhD.17/30.07.2022.T.06.03 raqamli ilmiy Kengash raisi sifatida faoliyat ko'rsatmoqda.

B.F. Muhiddinovning ilm-fan, ta'lim va jamoat ishlaridagi faol xizmatlari munosib taqdirlangan. U hukumatimiz tomonidan «Shuhrat» myedali (2005), «O'zbekiston Ryespublikasi oliy ta'lim a'lochisi» (1998), «O'zbekiston Ryespublikasi kasb-hunar ta'limi a'lochisi» (2002) va «Kasbiga sodiqligi uchun» (2015) ko'krak nishonlari, O'zbyekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligining hamda Navoiy viloyat va shahar hokimliklarining Faxriy yorliqlari bilan mukofotlangan.

«Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ, «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ rahbariyati, «Navoiyuran» DK, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, I. Karimov nomidagi TDTU, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, TDTU Olmaliq filiali, «O'zGEORANGMETLITI» MChJ, kon-metallurgiya sanoati ilmiy-texnik jamiyati, «O'zbekiston konchilik xabarnomasi» jurnali tahririyati, shuningdek, do'stlari, shogirdlari va hamkasblari Muxiddinov Bahodir Faxriddinovichni 65 yillik yubileylari munosobati bilan chin qalblaridan tabriklaydi, unga mustahkam sog'lik, kuch-g'ayrat, ijodiy muvaffaqiyatlar va yangi ilmiy yutuqlar tilaydilar.

85 ТУРЕСЕБЕКОВ АРПАЙ ХАЛИЛОВИЧ

Представителю известной школы геологии, геофизики и минералогии Республики Узбекистан, заведующему лабораторией геохимии и геотехнологии Института геологии и геофизики Госкомгеологии и минеральных ресурсов РУз. – Туресебекову Арпаю Халиловичу 22 ноября 2023 г. исполняется 85 лет.

Трудовую деятельность Арпай Халилович начал в 1955 году слесарем-механиком Ташкентского 84-авиационного завода. В 1960 году поступил на геологический факультет Ташкентского государственного университета.

Вся его трудовая деятельность, более пятидесяти семи лет, тесно связана с Институтом геологии и геофизики АН РУз., куда он был направлен в 1966 году по окончании учебного заведения. Известные ученые, основатели геологической школы Узбекистана, академики Абдуллаев Х.М., Хамрабаев И.Х., профессор Бадалов С.Т. оказали огромное влияние на выбор научного направления Туресебекова А.Х.

В 60-х годах перед геологической наукой Узбекистана стояли огромные задачи по исследованию минерально-сырьевой базы республики, новых месторождений полезных ископаемых. Наряду с этим с экологической точки зрения были начаты исследования отходов горно-обогатительных и металлургических предприятий. К таким объектам относятся руды и продукты их переработки из золоторудных месторождений Мурунтау, Кокпатас, Марджанбулак, Кочбулак, Чадак, золото-медно-молибденовых и полиметаллических месторождений Алмалыкского района и др.

Арпай Халилович активно включился в изучение минералогии рудных тел, околорудных изменений, геохимии ведущих и редких элементов месторождений Алмалыкского горнорудного района. Эти исследования легли в основу его кандидатской диссертации на тему «Минералого-геохимические особенности серы в связи с эндогенным оруденением Алмалыкского рудного района», которую он успешно защитил в 1973 г.

Учитывая важность развития геологической науки, Туресебековым А.Х., с применением электроннозондового микроанализа проведены картирование хвостохранилищ производств АО «АГМК», установлены химический состав и формы нахождения ценных компонентов в техногенных отходах. Эти и последующие работы легли в основу нового направления технологической минералогии, без которой сегодня невозможно представить разработку комплексной ресурсосберегающей технологии переработки минерального сырья. Многогранность его таланта проявляется в широком охвате научной проблемы: от минералогии до тонкостей обогащения и выщелачивания целого ряда металлов.

Автор 150 статей опубликованных в местных и зарубежных в журналах, тезисах и материалах научных конференциях и симпозиумах России, Китая, Финляндии, Германии, Иране, ЮАР, кроме этого им самостоятельно и в соавторстве издано 7 книг: Медно-порфировые месторождения Алмалыка (1974); Микроминералогия - предмет, методы, применение (1994); Металлогения золото и меди Узбекистана (2012); Минералого-геохимические особенности золошлаковых отходов ТЭС и их утилизация с выделением микро и макрокомпонентов (2012); Технологическая минералогия месторождения Большой Кальмакыр. Узбекистан (2012); Проблемы крупно объёмных месторождений золота и меди (2012); Геохимия и минералогия горючих сланцев Узбекистана (2014).

В настоящее время Арпай Халилович занимается разработкой геолого-генетических моделей формирования вольфрамовых, медно-порфировых, золоторудных, полиметалических и других типов месторождений на базе которых устанавливаются геологические, геохимические и минералогические поисковые критерии и оценка их дальней переработки. А также детальному изучению геохимической и макро-микро-нано минеральных систем с использованием приборов нового поколения с целью выяснения всех форм нахождения основных и попутных элементов в вольфрамовых, медно-порфировых, золоторудных, полиметаллических и других типах месторождений горячих сланцев палеогена, и отходов горнодобывающей промышленности Узбекистана в целях их технологической оценки комплексной переработки.

Туресебеков А.Х. входит в состав редакционного совета «Горный вестник Узбекистана».

Особое внимание Туресебеков А.Х. уделяет подготовке высококвалифицированных специалистов. Принимает активное участие в организации прохождения практики, выполнения дипломных работ бакалавров и диссертации магистров.

Туресебеков А.Х. полон энергии и находится в расцвете творческих сил. Его многогранная жизнь учёного-педагога и разносторонняя общественная деятельность пример беззаветного служения отечественной науке. Работы и открытия, значительно расширившие масштабы минерально-сырьевой базы Узбекистана, имеют огромное значение для науки. Полученный обширный ряд результатов, принёс Туресебекову Арпаю Халиловичу международную известность.

Руководство АО «НГМК», АО «АГМК», ГП «Навоийуран», НГГТУ, ТГТУ им. И. Каримова, Академия наук Республики Узбекистан, Алмалыкский филиал НИТУ «МИСИС», Университет геологических наук, Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, ГУ «Институт минеральных ресурсов», Алмалыкский филиал ТГТУ, ООО «O'zGEORANGMETLITI», редакция журнала «Горный вестник Узбекистана», а так же друзья и коллеги поздравляют Туресебекова Арпая Халиловича с 85-летним юбилеем и желают ему крепкого здоровья, жизненной энергии, творческих успехов и новых научных достижений.

INTERTECH Process Technology — Ore to Gold

3 Commerce Drive, Suite 304
Atkinson, New Hampshire 03811 USA

Tel: 603.893.9566
Fax: 603.893.9279
Email: info@intertechprocess.com
Site: www.intertechprocess.com

Лаборатория обработки керна

приём, резка, документирование, подготовка проб для анализа, складирование

Аналитическая лаборатория

анализ геологических, технологических проб, включая отделения пробоподготовки и пробирной плавки

Технологическая лаборатория

исследования физико-механических свойств руд, процессов дробления, измельчения, классификации, гравитации, флотации, магнитной сепарации, цианирования и др.

Телефоны/ WhatsApp для оперативной связи:
США +1 603 275 2000 ☎ СНГ +7 926 224 02 04 ☎ Узбекистан +998 91 162 1404

KPMG в Узбекистане – компания «Большой четверки»

Самый быстрорастущий офис KPMG в Центральной Азии и на Кавказе. Международная сеть фирм, предоставляющих аудиторские, налоговые и консультационные услуги.

Целью своей деятельности KPMG видит превращение профессиональных знаний в реальную экономическую выгоду в интересах своих клиентов, сотрудников и международных рынков капитала.

Количество сотрудников компании составляет 320 человек.

Аудит

- Аудит финансовой отчетности, подготовленной в соответствии с Международными стандартами финансовой отчетности (МСФО, ОПБУ США)
- Услуги, связанные с аудитом
- Услуги в области учета и отчетности

Налоговое и юридическое консультирование

- Налогообложение юридических лиц
- Юридическое консультирование
- Услуги частным клиентам
- Налогообложение физических лиц и консультации

Консультационные услуги

- Инвестиции и рынки капитала
- Управленческое консультирование
- Консультирование по управлению рисками

Social Media Contacts

KPMG Uzbekistan

kpmg_uzbekistan

KPMG Uzbekistan

KPMG Career CA

Ташкент, Международный бизнес-центр,
проспект Амира Темура, 107-Б,
11-й этаж, блок А
Телефон: +998 78 147 77 44
Факс: +998 78 147 77 44
Электронная почта: info@kpmg.co.uz

kpmg.co.uz

DM75

Станки серии DM75 для бурения взрывных скважин от «Epiroc» - демонстрируют высокую производительность при бурении пород любой категории