

O'zbekiston

KONCHILIK XABARNOMASI

4

№ 99

ILMIY-TEKNIK VA ISHLAB CHIQRISH JURNALI

Oktyabr - Dekabr 2024

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРНЫЙ ВЕСТНИК УЗБЕКИСТАНА



OLMALIQ KON-METALLURGIYA
KOMBINATINING 75 YILLIGI
MUBORAK BO'LSINI!

normet

ЭКСПЕРТЫ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ
В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

Multimec MF 100

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



C100 КАССЕТА-МАСТЕРСКАЯ

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

Кассета-мастерская включает в себя:

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

**СООБЩИТЕ НАМ СВОИ
ПОТРЕБНОСТИ!**

Normet International Ltd.

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



O'zbekiston KONCHILIK XABARNOMASI

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQRARISH JURNALI

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

Ta'isishilar:

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

Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:

«Navoiy KMK» AJ

Bosh muharrir:

U.Z. Sharafutdinov

Bosh muharrir o'rinbosari:

Sh.Sh. Alikulov

Texnik va badiiy muharrir:

Sodiqov I.Yu.

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

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

Jurnaldan ko'chirib bosilganda manba qayd etilishi shart

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

Tahririyat manzili:

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

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

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

Jurnalning chop etilishi va elektron shaklini yangilab

boruvchi mas'ul:
U.Z. Sharafutdinov

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

Sodiqov I.Yu.

Chop qilindi:

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

Nashr etishga 01.11.2024 y. imzolandi
A3 formatda. Adadi 100 nusxa

© O'zbekiston konchilik xabarnomasi 2024

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

Учредители:

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

При финансовой поддержке:

АО «Навоийский ГМК»

Главный редактор:

Шарафутдинов У.З.

Зам. главного редактора:

Аликулов Ш.Ш.

Технический и художественный редактор:

Содиқов И.Ю.

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

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

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна

За точность фактов и достоверность информации ответственность несут авторы

Адрес редакции:

210100, г. Навои, ул. Навои, 27
ИЦВНТ Департамента инновационного развития АО «НГМК»
Тел.: +99879 227-81-59

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

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

Ответственный за публикацию и обновление электронной формы журнала:

Шарафутдинов У.З.

Обложка, дизайн, компьютерная вёрстка:

Содиқов И.Ю.

Отпечатано:

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

Подписано в печать 01.11.2024 г.
Формат А3. Тираж 100 экз.
© Горный вестник Узбекистана 2024

ISSN 2181-7383



4 780010 201760 >

MUNDARIJA / ОГЛАВЛЕНИЕ

TABRIKLAR / ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Поздравление Исламова Б.Ф.....	4
Поздравление Санакулова К.....	5
Поздравление Черниковой А.А.....	6
Поздравление Парпиева О.....	7

«AGMK» AJ – 75 YOSH / АО «АГМК» – 75 ЛЕТ

Хурсанов А.Х. АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» как есть: с прошлым, в настоящем и будущем.....	8
Умаралиев И.С., Ваккасов Б.А., Джураев Н.Ш. «Медеплавильный завод – «сердце» АО «Алмалыкский ГМК».....	15
Хасанов А.С., Бекбутаева Н.Н., Ташалиев Ф.У., Исакжанова М.Б. «Инновации – один из факторов развития АО «Алмалыкский ГМК»...».....	32
Ларионов С.В., Халбутаев Ш.П. Историческая хроника освоения месторождения Каульды АО «Алмалыкский ГМК».....	38
Сидиков Р.М., Ахмадалиев А.М. Медная обогатительная фабрика – важное звено в производстве меди.....	43

KONCHILIK ISHLARI / ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Назаров З.С., Ишанходжаев З.К., Назаров А.З. Методика расчёта проектных параметров бортов карьера для установления нормативной устойчивости конструкции борта.....	47
Назаров З.С., Назаров А.З., Исмаилов З.В. Промышленно полигонные исследования на моделях характера разрушения известняков при взрывании одиночного заряда.....	51
Насиров У.Ф., Заиров Ш.Ш., Шарипов Л.О., Эргашев Н.Х. Управление состоянием массива горных пород для обеспечения устойчивости бортов карьеров.....	54
Мислибаев И.Т., Меликулов А.Д., Шамаев М.К. Анализ буровзрывных работ на порфириновых месторождениях.....	59

BOYITISH VA METALLURGIYA / БОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Хайдаров А.А., Абдумуминова М.А., Донияров Н.А. Исследование процессов сгущения золотосодержащих флотоконцентратов и хвостов АЗИФ АО «Алмалыкский ГМК» с применением различных флокулянтов.....	62
Якубов М.М., Каримова Т.П., Ёкубов О.М., Максудходжаева М.С. Изучение процесса взаимодействия конвертерного шлака и клинкера цинкового производства АО «Алмалыкский ГМК» с образованием металлизированной фазы.....	65
Курбанов М.А., Шарафутдинов У.З., Юлдашев Ш.Ш., Мансурова Д. Источники образования кремнезёма и органики в продуктивных растворах ПВ урана, влияние на технологию добычи и переработки...».....	69
Жумаев А.А., Парпиев Р.А. Структурный анализ белых износостойких чугунов.....	75

ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI / НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Хамидов Х.Х., Рогожников Д.А., Фузайлов О.У. Исследование технологических особенностей флотационных концентратов сульфидных руд Ауминзо-Амантайского рудного поля с определением причин упорности концентратов.....	78
Раджапов С.А., Муллағалиева Ф.Г., Нурбоев К.М., Раджапов Б.С. Аномалии объёмной активности радона – предвестники оползней и деформационных процессов земной коры.....	84
Умаров Ф.Я., Худайбердиев О.Ж., Джураева Н.М., Заирова Ф.Ю. Исследование и сравнительный анализ результатов экспоненциального внешнего воздействия на горные породы.....	88
Yoqubov O.M. «Olmaliq KMK» AJ Vanyukov pechining avtogen eritish shlakida mis va nodir metallarni kamaytirish.....	92
Жабко А.В., Камолова Н.Э., Уктамова Н.У., Уктамов У.У. Изучение физико-механических свойств породного массива месторождения Беспантау.....	95
Самадов А.У., Каримов М.М., Джаббарова Б.И., Усманов Ш.А. Разработка технологии повторного использования воды из техногенного водоёма АО «АГМК».....	105
Юсупов С.К., Рузиев Н.Р., Юсупов Ф.М. Разработка импортозамещающих реагентов-вспенивателей для извлечения драгоценных металлов для применения на горно-металлургических предприятиях.....	109
Tolibov B.I., Axmedov M.S., Yuldoshov S.M. Mis toshqolidagi fayalitga Na ₂ SO ₄ ta'siri orqali qimmatbaho metallarni yuzaga chiqarish jarayonini tadqiq qilish.....	114
Санакулов К., Ермаков В.С. Исследование эффективности флотации дисперсных сульфидных частиц золотосодержащих руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» с применением пневматических флотомаши.....	117
Исраилов М.Э., Юсупов У.Б., Равшанбеков Ж.А. Определение высоты центра тяжести карьерных самосвалов методом моделирования.....	122
Kudiyarova A.A., Nurmurodov T.I., Xurramov N.I. Aznek fosforitlarini kimyoviy, granulometrik va mineralogik tahlilini o'rganish.....	126
Садуллаев Б.С., Вохидов Б.Р., Куйлиева Ш.Д., Раджаббоев И.М. Обогащение мелкокристаллических графитовых руд Тасказганского месторождения.....	130
Азимова Д.А. Использование дефеката в процессах очистки воды Навоийского горно-металлургического комбината.....	133

MA'LUMOT / ИНФОРМАЦИЯ

Рахимов Вахоб Рахимович (к 90-летию со дня рождения).....	138
--	-----

REKLAMA / РЕКЛАМА

На обложке: Normet, Komatsu	
-----------------------------	--

Scientific, technical and industrial journal

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

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

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

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

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

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

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

Editorial address: 210100, Navoi, st. Navoi, 27, Innovation Center for the Introduction of New Technologies of the Department of Innovative Development of JSC «NMMC»

Tel.: +99879 227-81-59

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

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

Indexing: Ulrich's Periodicals Directory

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

Tel.: +99899 111-94-62

CONTENTS

MINING WORK

Nasirov U.F., Zairov Sh.Sh., Sharipov L.O., Ergashev N.Kh.
Condition management of rock massif to ensuring stability of quarry boards..... 54

Khamidov Kh.I., Rogozhnikov O.U., Fuzailov O.U. Study of technological features of flotation concentrates of sulfide ores of the Auminzo-Amantai ore field with determination of the reasons for the persistence of concentrates..... 78

SCIENTIFIC AND LABORATORY RESEARCH

Kurbanov M.A., Sharafutdinov U.Z., Yuldashev Sh.Sh., Mansurova D.
Sources of silica and organic matter in the productive solutions of uranium pregnant liquor, impact on the technology of extraction and processing..... 74

Umarov F.Ya., Khudayberdiev O.Zh., Juraeva N.M., Zairova F.Yu.
Research and comparative analysis of the results of exponential external influence on rocks..... 88

Sanakulov K., Ermakov V.S. Study of the Flotation Efficiency of Dispersed Sulfide Particles in Gold-Bearing Ores from the "Kokpatas" and "Daugiztau" Deposits Using Pneumatic Flotation Machines..... 117



Коллективу АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

Министерство горного дела и геологии Республики Узбекистан поздравляет АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», одного из ведущих предприятий металлургической промышленности Республики Узбекистан и крупнейшего производителя меди в Центральной Азии и в странах СНГ с 75 - летием её образования.

АО «Алмалыкский ГМК» является единственным производителем меди, молибдена, свинца, цинка

в республике, крупнейшим производителем серебра и золота, внося весомый вклад в социально-экономическое развитие нашей страны.

Сегодня в комбинате трудятся 35-ти тысячный коллектив горняков, металлургов, буровиков, геологов, автотранспортников, энергетиков, строителей и многих других смежных профессий. За 75-летнюю историю трудолюбивый коллектив комбината обеспечил освоение, открытых геологами республики, запасов многих крупных медно-молибденовых, свинцово-цинковых и золото-серебряных месторождений Республики Узбекистан.

Ваше предприятие вносит огромный вклад в повышение имиджа Республики на мировой арене как производителя качественной медной продукции и надежного партнера в бизнесе, а также вносит свой важный вклад в обеспечение мира и стабильности, надежности позитивного развития Республики на долгую перспективу. Рассчитанная на многие годы производственно-хозяйственная деятельность Алмалыкского горно-металлургического комбината направлена на обеспечение устойчивого роста экономического потенциала и социальной стабильности Республики Узбекистан путем дальнейшего повышения эффективности использования, минерально-сырьевой базы полезных ископаемых.

При непосредственном участии комбината улучшаются социально-бытовые условия жизни жителей городов Алмалыка, Ангрена и многих других поселков, строятся новые инфраструктурные объекты, улучшается внешний вид этих городов и поселков.

Предусмотренное перспективным планом комбината, на будущие годы, резкое увеличение объемов выпускаемой высоколиквидной продукции интенсивного освоения запасов новых видов минерального сырья ориентированы на укрепление экономической мощи Узбекистана.

В решении этих масштабных перспективных планов по освоению запасов полезных ископаемых коллектив Алмалыкского горно-металлургического комбината полностью может положиться на плодотворное сотрудничество и поддержку Министерства горного дела и геологии Республики Узбекистан.

Мы от всей души поздравляем коллектив комбината с юбилеем. Желаем Вам дальнейших успехов в совместной плодотворной работе на благо Родины, энтузиазма и энергии для последующих достижений в развитии отрасли, в воспитании молодежи – последователей славных традиций и предшествующих поколений. Удачи во всех начинаниях.

Исламов Б.Ф.

Министр горного дела и геологии Республики Узбекистан



Қадрли Олмалиқ кон-металлургия комбинати жамоаси!

Сизларни Навоий кон-металлургия комбинати жамоаси ва шахсан ўз номидан Олмалиқ кон-металлургия комбинати ташкил топганлигининг шонли 75 йиллиги билан самимий қутлаймиз.

Ўзбекистон рангли металлургиясининг байроқдори бўлган бу қадрдон корхона ва унинг фидойи жамоаси, юсак малакали раҳбару мутахассислари юрагимга жуда яқиндир.

Корхонанинг 75 йиллик юбилеи нишонланаётган шу кунларда ҳаётимнинг ёрқин хотираларга бой даври Олмалиқ кон-металлургия комбинатида ўтганлиги, сизлар билан барча масалаларда ҳамфикр бўлиб, олдимизга қўйилган барча масалаларни биргаликда амалга оширганлигимизни доимо фахр билан эслайман.

Олмалиқ кон-металлургия комбинати ҳудудни ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш, аҳолини иш ўринлари билан таъминлаш, маданият ва спорт соҳасининг ривожига муҳим ўрин эгаллаб келмоқда.

Кейинги йилларда корхонада ишлаб ҳажми ошиб боришида муҳтарам Юртбошимиз ташаббуси билан амалга оширилаётган йирик инвестицион лойиҳалар муҳим ўрин тутмоқда. Бундай яратувчанлик ишлари юртимизда олиб борилаётган халқпарварлик сиёсатига мос тарзда одамларнинг ҳаётдан рози бўлиб яшашларини таъминлашдек эзгу мақсадга хизмат қилиши билан алоҳида аҳамиятга молик.

Комбинатда “Ёшлик-1” кони негизда жадаллик билан барпо этилаётган 3-мис бойитиш фабрикаси ва яқинда 4-мис бойитиш фабрикаси қурилишининг бошланиши, ҳеч шубҳасиз, корхонани жаҳондаги энг йирик мис ишлаб чиқарувчилар сафига олиб чиқади. Комбинатнинг профессионал ва тажрибали муҳандислари ҳамда фидойи раҳбарлари салоҳияти билан бу лойиҳаларнинг муваффақиятли рўёбга чиқарилишига ишончимиз комил.

Қадрли дўстлар!

Сизларни корхонанинг шонли юбилеи билан яна бир бор муборакбод этиб, барчангизга мустаҳкам соғлиқ, оилавий бахту саодат, хонадонларингизга фаровонлик, жонажон Ватанимиз равнақи йўлидаги ишларингизда улкан зафарлар тилаймиз.



**Эҳтиром билан,
Навоий кон-металлургия
комбинати жамоаси номидан**

Қ. Санақулов



Глубокоуважаемый Абдулла Халмурадович!



От имени Университета науки и технологий МИСИС и себя лично поздравляю Вас и возглавляемый Вами коллектив со знаменательной датой – 75-летием со дня образования Алмалыкского горно-металлургического комбината!

Сегодня АГМК – современный, динамично развивающийся металлургический холдинг. На предприятиях работают талантливые, трудолюбивые, неравнодушные люди, приверженные славным традициям металлургов.

Мы гордимся плодотворным сотрудничеством, которое на протяжении многих лет связывает НИТУ МИСИС и АГМК. Благодаря Вашей поддержке у студентов Алмалыкского филиала вуза есть возможность учиться у лучших представителей профессии, проходить практики и стажировки на предприятиях АО «Алмалыкский ГМК», перенимать бесценный опыт у ведущих экспертов индустрии. Совместно мы готовим новое поколение специалистов, которые внесут значимый вклад в развитие горного дела и металлургической промышленности Республики Узбекистан.

Желаю Вам, глубокоуважаемый Абдулла Халмурадович, крепкого здоровья и благополучия, коллективу Алмалыкского горно-металлургического комбината – новых достижений и успешной работы на благо родной страны!

С уважением,
ректор НИТУ МИСИС

А.А. Черникова



Уважаемый Абдулло Холмурадович!

От имени коллектива Института материаловедения Академии наук Республики Узбекистан поздравляю Вас и замечательный коллектив Алмалыкского горно-металлургического комбината со знаменательной датой – 75 летним юбилеем.

Известно, что АО «Алмалыкский ГМК» - многопрофильная компания нового технологического уровня, которая объединяет несколько отраслей: горную, металлургическую, химическую, геологоразведочную, транспортную и др.

Комбинат, обладая огромным потенциалом природных ресурсов, мощной производственно-технической, научной базой и квалифицированными специалистами играет стратегическую роль в экономике страны.

В рамках реализации поручений Президента Республики Узбекистан, АО «Алмалыкский ГМК» проводит целенаправленную работу по формированию и реализации инновационной модели развития производства, основанной на последних достижениях науки и технологий.

Инновационная модель развития комбината предусматривает налаживание тесного взаимодействия служб предприятия и научных учреждений, планирование научных исследований в соответствии с приоритетами научно-технических потребностей комбината, активное внедрение научных результатов в производственную практику, а также целенаправленную подготовку специалистов, способных обеспечить внедрение научных достижений.

Коллективы АО «Алмалыкский ГМК» и института материаловедения Академии наук Республики Узбекистан на протяжении многих лет связывают тесные научные и партнерские отношения, в основе которых лежит сотрудничество специалистов и ученых в разработке и внедрению передовых технологий, взаимная поддержка друг друга во многих вопросах.

От имени ученых Института еще раз поздравляю коллектив Алмалыкского горно-металлургического комбината с юбилеем! Пусть эта значимая дата станет еще одним шагом вперед на пути освоения новых горизонтов, улучшения благосостояния, увеличения прибыли, исполнения всех задуманных планов и проектов. Желаем удачи и процветания!



**Директор Института материаловедения
Академии наук Республики Узбекистан
О. Парпиев**

АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ» КАК ЕСТЬ: С ПРОШЛЫМ, В НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ



Хурсанов А.Х.,
председатель правления
АО «Алмалыкский ГМК», PhD

Алмалыкский горно-металлургический комбинат сегодня, на пороге своего 75-летия, по уровню реконструкции и модернизации основного производства, методам решения стоящих перед ним задач, воплощаемых в настоящее время перспективах может по праву считаться предприятием новым, современным, во многом отвечающим мировым стандартам, что подтверждается сертификатами в разных направлениях его деятельности и внедренных Системах менеджмента качества. Но при этом АГМК – это предприятие с колоссальным количеством высококлассных профессионалов и перспективных труженников – более 35 тысяч рабочих и инженерно-технических работников, опирающихся на многодесятилетний, накопленный по крупицам, опыт, сформированный в каждодневном труде во время взлетов и падений производства.

В пользу современности комбината говорит и тот факт, что в последние годы правительством Республики Узбекистан уделяется повышенное внимание добыче, переработке цветных металлов и производству из них продукции с высокой добавленной стоимостью. Сегодня отрасль рассматривается как потенциальный драйвер экономики. И это не только своевременное определение происходящих изменений, требований и возлагаемых надежд, но и ещё одно подтверждение актуальности нашего предприятия, как реального участника решения мировых проблем.

На сегодняшний день Узбекистан располагает значительными запасами полезных ископаемых, в том числе цветных и драгоценных металлов. В свою очередь этот фактор является надежным потенциалом для привлечения инвестиций в добычу, переработку и наращивание экспорта цветных металлов и продукции из них. И сейчас одним из приоритетных направлений экономической политики правительства республики стало проведение реформ в этом секторе.

Большие запасы цветных металлов создают конкурентные преимущества для развития ряда промышленных отраслей, что дает толчок интенсивному технологическому развитию страны.

В эпоху перехода к «зеленой» экономике, экологически чистым источникам энергии и продуктам спрос на цветные металлы, в частности, на медь и продукцию из нее, динамично возрастает. В настоящее время мировое производство меди уступает росту спроса на нее и, по предварительным оценкам сегодняшнего дня, эта тенденция сохранится.

Естественно, что Узбекистан при наличии значительных запасов цветных металлов стремится воспользоваться своими сравнительными преимуществами. Для ускоренного раскрытия существующего потенциала металлургической отрасли в стране в последние годы принят ряд постановлений и Стратегий по развитию производства цветных металлов и изделий из них. Так, к примеру, только по деятельности АО «Алмалыкский горно-

металлургический комбинат» в рамках дальнейшего расширения потенциала страны и повышения конкурентоспособности на мировом рынке за последние пять лет принято несколько правительственных документов, направленных на освоение новых месторождений и, в том числе, Постановление Президента Республики Узбекистан от 26 мая 2020 года №ПП-4731 «О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский ГМК».

Реализация задач, поставленных Правительством Республики перед трудовым коллективом АГМК, позволит увеличить к 2028 году производство катодной меди до 400 тыс. т/год.

Также документом предусмотрено строительство нового медно-обогатительного комплекса, цехов по электролизу меди, производству серной кислоты и других объектов. На полную мощность проект будет запущен в 2028 году и позволит обеспечить занятость более 10 тысяч человек. Половина всей произведенной продукции будет экспортироваться.

В июне 2021 года было принято Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-5159 «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей».

Этот документ послужил базой и для создания Научно-технологического Кластера по медной продукции и готовых изделий с высокой добавленной стоимостью.

Основной целью Кластера является создание новых высокотехнологичных производств, а также обеспечение их необходимыми ресурсами, выпуском оборудования и развитием машиностроения для горнодобывающей отрасли.

Постановлением предусмотрена имплементация системы взаимодействия науки и производства для развития связи между системами проектных и инженеринговых услуг, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, осуществление трансфе-



Фото. Месторождение «Кальмакыр»

ра современных технологий, внедрения инноваций и цифровых технологий в рамках Кластера медной промышленности на основе передового зарубежного опыта.

Для увеличения объемов производства продукции из меди в 2022 году создан новый технопарк на основе «Медного кластера» в Ахангаранском районе Ташкентской области. Основанием для его создания послужило Постановление Президента Республики Узбекистан от 28 июня 2022 года №ПП-295 «О мерах по расширению технологических цепочек переработки медного сырья и сырья редких металлов». Главной задачей технопарка является производство импортозамещающей, экспортноориентированной продукции с высокой добавленной стоимостью путем переработки меди и сырья редких металлов. На ближайшие годы в республике запланировано увеличение производства продукции с высокой добавленной стоимостью за счет глубокой переработки меди и цинка. В частности, выпуск лент, проволоки и других изделий на основе меди и цинка увеличится до 10 тыс. тонн, а медного порошка - до 2 тыс. тонн.

Помимо перечисленного, развитие горнодобывающей и перерабатывающей отраслей промышленности закреплено в «Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы». Цели Стратегии предусматривают реализацию крупных инвестиционных проектов в области металлургии и расширение минерально-сырьевой базы. Здесь ключевыми задачами являются привлечение инвестиций в металлургическую промышленность, перспективное освоение месторождения «Ёшлик I» и развитие одноименного карьера (стоимость проекта составляет 2 млрд \$), ускорение проводимых геолого-изыскательских работ.

В данный момент производственная мощность АГМК составляет 148 тыс. т меди в год, благодаря чему Узбекистан находится в тройке лидеров СНГ (Россия – 973 тыс. тонн, Казахстан – 500 тыс. тонн). Медная продукция является основной для комбината, но при этом выпускается ещё 18 видов высоколиквидной продукции, востребованной в более чем 20 странах мира. Ключевые экспортные рынки – Турция, Китай, страны СНГ, страны Восточной и Западной Европы; поставки ведутся также в Катар, Австралию, Индонезию, из новых рынков – в Соединенные штаты Америки, Мексику и Финлян-

дию. Налажен экспорт меди катодной, проволоки, медных труб, цинкового и медного купороса, цинка металлического, перрената аммония, металлических молибдена и вольфрама, селена технического, теллура технического, кадмия металлического, серной кислоты, цемента и др.

АГМК: без прошлого нет настоящего.

Временем зарождения Алмалыкского горно-металлургического комбината можно считать 1931 год, когда была организована Алмалыкская геолого-разведочная партия. Ее специалистами до 1934 года было пробурено более 100 скважин до глубины 250 метров. В ноябре 1932 года было выдано заключение, что при начале работ уже к 1935 году построенный здесь комбинат сможет дать десятки тысяч тонн электролитной меди. Продолженные геологические изыскания обнаружили продолжение медно-порфирового оруденения (сегодня это карьер «Сары-Чеку») пятилетним планом было намечено строительство медеплавильного комбината. Вторая мировая война отодвинула сроки строительства. Но работы здесь были начаты: фронт металлом обеспечивали десятки артелей, которые вели добычу руды на месторождении «Кальмакыр». В январе 1945 года вышел приказ Народного Комиссара цветной металлургии, согласно которому было учреждено управление по строительству Алмалыкского медькомбината «Алмалыкстрой». А в июне 1948 года Совет Министров обнародовал постановление о строительстве Алтын-Топканского свинцово-цинкового комбината.

Практически параллельно – с разницей в 3-4 года, велись работы по строительству двух рудников – Алтын-Топканского свинцово-цинкового и Алмалыкского медно-молибденового. Строительство первого было утверждено постановлением Совета Министров за №427/159 от 1 февраля 1949 года. Эта дата и принята сегодня за день основная Алмалыкского горно-металлургического комбината, так как постановлением Совета Народного хозяйства Ташкентского экономического района от 25 декабря 1957 года Алмалыкский медно-молибденовый и Алтын-Топканский свинцово-цинковый комбинаты были объединены.

В настоящее время АО «Алмалыкский ГМК» – одно из крупнейших горно-металлургических предприятий в Центральной Азии.



Фото. Месторождение «Ёшлик-1»

Разрабатываемые им медно-порфиновые, свинцово-цинковые, золотосеребряные и полиметаллические месторождения, расположенные на территории ташкентской, сурхандарьинской, Наманганской, Джизакской и Самаркандской областей республики являются надежной базой для его производственных мощностей. В состав комбината входят шесть горнодобывающих предприятий, пять обогатительных фабрик, два металлургических завода с сернокислотными производствами, научно-производственное объединение по производству редких металлов и твердых сплавов, завод взрывчатых материалов, центральный ремонтно-механический завод, известковый завод, управление промышленного железнодорожного транспорта, управления автомобильного и технологического транспорта, управление по производству потребительских товаров, а также более двадцати вспомогательных цехов и лабораторий. Одним словом, Алмалыкский горно-металлургический комбинат, выросший некогда из двух горно-добывающих и перерабатывающих предприятий, сегодня представляет собой современный промышленный комплекс с хорошо развитой инфраструктурой, сильной социальной базой и колоссальными реальными перспективами, которые сегодня воплощаются в жизнь.

АГМК: когда будущее – рядом.

С сентября 1991 года - времени обретения Узбекистаном государственной независимости, Алмалыкский горно-металлургический комбинат претерпевал многочисленные изменения. И не только модернизируя цеха, обеспечивая внедрение новых технологий и автоматизируя производство. В течение четверти века в его ведение были переданы уже действующие предприятия с большой историей, как, например, Анренский и Чадакский золотобывающие рудники, рудник «Каульды», Узбекский комбинат тугоплавких и жаропрочных металлов. Все они нуждались в реконструкции, выправлении экономической ситуации. Параллельно с выполнением своих заданий, комбинат занимался и модернизацией своих новых подразделений. Для золотобывающих рудников были проведены геологоразведочные работы с целью прироста осваиваемых место-

рождений и открытия новых. Они позволили вывести их из числа убыточных, обеспечив работой и достойной заработной платой их трудовые коллективы. Колоссальная работа была проведена на УзКТЖМ, находившегося на грани банкротства, вошедшего в состав комбината как научно-производственное объединение по производству редких металлов и твердых сплавов. Открытые сегодня на его базе лаборатории, совместный Узбекско-Корейский центр, масштабные исследования по получению новых видов твердых сплавов и чистых металлов, как, например, палладий и индий, не только вывели Объединение на новый уровень по научно-исследовательской и промышленной деятельности, но и увеличили экспортный потенциал, расширили линейку продукции, выпускаемой по Программе локализации. И можно без преувеличения сказать, что сейчас это подразделение является одним из самых перспективных и инновационных.

Строились новые предприятия, расширявшие ассортимент выпускаемой на АГМК продукции, – горно-обогатительный комплекс «Хандиза», трубный завод, Джизакский и Шерабадский цементные заводы, был создан научно-производственный центр «Геология цветных металлов».

Всё перечисленное было значимым для комбината, но локальным, в рамках отдельно взятого объекта при общей взаимосвязи действующего производства.

Кардинально ситуация изменилась в 2017 году, когда в соответствии с Постановлением Президента Республики Узбекистан от 1 марта 2017 года №ПП-2807 «О мерах по расширению производственных мощностей АО «Алмалыкский ГМК». На базе месторождения «Дальнее» были начаты вскрышные, горно-капитальные и строительно-монтажные работы с параллельной разработкой проектно-сметной документации. Этот документ дал старт грандиозному инвестиционному проекту по обработке нового месторождения, которое по предложению Президента Узбекистана, открывавшего объект в 2018 году, было переименовано в «Ёшлик (Молодость) I», и, в дальнейшем, строительству на его основе еще одного горно-



Фото. Строительство комплекса медно-обогатительной фабрики № 3

обогатительного комплекса. На сегодняшний день инвестиционные проекты этого направления охватывают работы по созданию нового горного передела, обогатительного комплекса, металлургического передела и кластера медной промышленности.

С первых дней работы велись ударными темпами – пусть это выражение кто-то сочтет пережитком, но оно как нельзя более точно определяет их ритм. Когда освоение месторождения, проект которого предполагал освоение 5,122 млрд долларов, только началось, здесь извлекалось 3 миллиона кубометров горных работ в год. Благодаря использованию свыше 570 единиц современной техники стоимостью 415 миллионов долларов, производительность выросла в разы. Сейчас объем работ превышает 40 миллионов кубометров в год. В процессе деятельности вносились коррективы: в связи с промышленной значимостью и экономической целесообразностью освоения запасов месторождений «Кальмакыр» и «Ёшлик I» открытым способом одним карьером, в 2020 году государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) при Министерстве горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан было принято решение о выделении их единым месторождением. К уже действующему карьере «Кальмакыр» добавилась огромная площадь — 11 тысяч гектаров нового месторождения, по объему разведанных запасов считающегося одним из крупнейших на планете. Здесь содержится 13 видов ценных и редких металлов, таких как золото, медь, серебро, молибден и селен. Крупная британская компания SRK Consulting подтвердила наличие на месторождении «Ёшлик I» запасов 45 миллионов тонн меди

Для их переработки на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате строится медная обогатительная фабрика №3 мощностью по переработке 60 млн тонн в год с уникальной для республики технологией выделения металлов в концентрат.

В рамках проекта уже построены еще одна обжигочная печь на известковом заводе, новый завод взрывчатых материалов мощностью 90 тысяч тонн взрывчатых веществ в год, сдана в эксплуатацию энергосистема мощностью 650 мегаватт - первая в СНГ подстанция с полным цифровым управлением, комплексы техническо-

го водоснабжения для собственных нужд фабрики объемом 23,5 тысячи кубических метров в час. Коррективы были внесены в деятельность управления промышленного железнодорожного транспорта и управления технологического транспорта, управления автоматизации производства и других объектов инфраструктуры, так или иначе причастных к участию в проекте.

Всего по АО «Алмалыкский ГМК» в 2023 году по четырем инвестиционным проектам – «Освоение месторождения «Ёшлик I» (1этап), «Организация производства буровых долот, буровых долот», «Программа реконструкции и стабилизации деятельности АО «Алмалыкский ГМК», «Вскрытие и подготовка запасов между горизонтами +1280 +880м рудника «Хандиза» было запланировано освоение 5182,3 млн долларов, в действительности же выполнение прогноза составило почти 102 процента.

Как видно из инвестиционных работ, мы не закиваемся на одном. Но у нас есть мега-проект, реализация которого имеет приоритетное значение. И главное его направление сегодня – строительство медной обогатительной фабрики №3. К ее проектированию были привлечены проектные институты «Wood» (Италия) и «UZLITI Engineering» (Узбекистан), техническую оценку и приемку базовой проектной документации осуществляла компания «Technip Energies» (Франция), технический надзор за строительством ведется силами компании «Worley» (Великобритания).

Сейчас на территории строительной площадки МОФ-3 общей площадью 196 тысяч квадратных метров задействовано более 1000 единиц техники, ежедневно трудится 15-тысячная интернациональная команда генерального подрядчика - компании «Enter Engineering».

Новые объекты оснащены самым современным оборудованием от таких ведущих производителей горно-обогатительного оборудования, как «AUMUND» (Германия), «Thyssenkrupp» (Германия), «Weir Minerals» (Великобритания), «Sergo Minerals-Falcon» (Канада), «Metso» (Финляндия) и других. Доставка сырья на переработку будет осуществляться посредством циклично-поточной технологии (ЦПТ). На территории карьера построено два дробильно



Фото. Металлургический цех Медеплавильного завода

-конвейерных комплекса для отгрузки руды на МОФ №3 и, в дальнейшем, на МОФ№4. Такие же комплексы будут доставлять пустую породу на отвалы.

Впервые на АГМК применяется технология HPGR (измельчающие валки высокого давления) мельницы полусамозмельчения. Это позволит снизить эксплуатационные затраты на 30% и достичь минимального срока окупаемости внедряемой технологии.

Работа фабрики будет полностью автоматизирована, что снизит влияние человеческого фактора на производственные процессы, повысит качество выпускаемой продукции, а также сократит аварийные ситуации.

Я уверен, что реализация проекта будет завершена в установленные сроки. Этот показатель позволит нам войти в лидеры мировых производителей этого металла.

Но далеко не этот факт является для нас приоритетным. Главное – новое производство станет мощным толчком для развития отечественной экономики, позволит создать новые рабочие места, сыграет на повышение благосостояния народа Узбекистана, в том числе и за счет увеличения налоговых поступлений в бюджет. Кстати, на сегодняшний день АО «Алмалыкский ГМК» является вторым по сумме отчислений налогоплательщиком страны.

Тандем горняков и обогатителей не может существовать сам по себе, и потому одновременно со строительством карьера и фабрики были начаты работы по расширению мощностей медеплавильного завода до металлургического комплекса. Здесь также планируется к применению современное оборудование - медеплавильные печи флеш-смелтинг и флеш-конвертинг, и технологии для сернокислотного производства, позволяющие значительно сократить количество выбросов в атмосферу, тем самым улучшив экологическую обстановку региона.

Причем, здесь же предусмотрено строительство шлакообогатительной фабрики, которая займется переработкой побочных продуктов мощностью более 1,5 млн тонн в год. В рамках проекта предусмотрено строительство отделения для медленного охлаждения шлаков, что позволит обеспечить максимально безотходное

производство, повысив извлечение меди с 93% до 98%.

Подводя итог рассказа об этом проекте, хотелось бы сказать о его финансировании. Оно осуществляется за счет собственных средств комбината, а также кредитов отечественных и зарубежных банков. Большой интерес к нему проявляют немецкие и французские финансовые институты, предлагая сотрудничество и выражая готовность финансовой поддержки.

Этому во многом способствовало привлечение комбинатом авторитетных мировых компаний к изучению его финансовой состоятельности, соответствия международным системам менеджмента качества, запасов полезных ископаемых, которые дали положительные заключения по состоянию стабильности и опубликовали отчеты по оценке запасов.

То, что еще два года назад казалось далеким, пусть и перспективным, будущим, сегодня уже находится в стадии завершения, буквально на расстоянии вытянутой руки. Казалось бы, только вчера специалисты комбината подбирали места для возведения новых объектов, а уже сегодня они готовы к вводу в эксплуатацию.

АГМК: производство – это еще не все!

Строители уйдут, завершив свои объекты, новые цеха, оснащенные современным оборудованием, будут готовы к работе. Тут настанет время тех, в чьи руки они будут переданы.

Кадры... Это база любого производства. Готовить их для новых объектов мы начали уже на этапе поиска исполнителя проекта. В Алмалыке открыты два филиала ведущих технических вузов Узбекистана и России – Ташкентского государственного технологического университета и Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», где готовят специалистов для промышленности страны в целом, и АГМК – в частности. Внедрение дуального обучения, открытие кафедр вузов в подразделениях комбината помогли до минимума сократить разрыв между теорией полученных знаний и практикой применения их на производстве, тем самым получая специалистов, знающих оборудование, технологию, атмосферу действующего производства. Идет подготовка и



Фото. Спорткомплекс

рабочих кадров из числа выпускников профессиональных колледжей, закрепленных за комбинатом.

Я уже говорил, что только на новые предприятия нам потребуется почти 10 тысяч человек. Так вот костяк их уже формируется на действующих производствах, координируемая учебным центром комбината. У нас уже был положительный опыт предварительной подготовки кадров для рудоуправления «Хандиза», расположенного в Сурхандарьинской области. На стадии строительства будущие работники шахты и обогатительной фабрики из числа местных жителей осваивали профессии в Алмалыке, затем вместе с командированными шахтерами и обогатителями применяли навыки на своем производстве, за короткое время став там профессионалами.

Помимо двух филиалов вузов, у АГМК налажено сотрудничество с вузами республики, ближнего и дальнего зарубежья. Для повышения квалификации инженерно-технических работников открыта Инженерная школа, преподавателями которой стали также профессора Фрайбергской горной академии и др.

Современное оборудование, которым оснащается действующее производство, современные технологии и лаборатории, автоматизация и внедрение IT-технологий, трансформация, переход на международные системы управления – все это также требует нового подхода, новых знаний. А потому процесс обучения, повышения квалификации, получения второй специальности ведется на постоянной основе. Современное производство требует современного подхода, который мы стараемся обеспечивать на самом высоком уровне.

АГМК – социальный.

Алмалыкский горно-металлургический комбинат был и остается градообразующим предприятием Алмалыка, решая огромный объем проблем его благоустройства, народного образования и здравоохранения. Капитальный ремонт школ, дошкольных учреждений, реконструкция больниц и медкомплексов, ремонт поликлиник, асфальтирование дорог, благоустройство и озеленение – это лишь надводная часть огромного айсберга социальной сферы, которая занимает значительное место в деятельности комбината. Причем,

не только в самом Алмалыке, но и во всех населенных пунктах, где располагаются его подразделения.

В зоне ответственности трудового коллектива несколько социальных учреждений – интернаты для детей с ограниченными физическими возможностями, специализированные школы, Дома милосердия. На благотворительной основе здесь создаются благоприятные условия для пребывания, обеспечивается новое оборудование и мебель, проводятся различные мероприятия, делающие жизнь подопечных более содержательной.

В этом году мы открыли швейную фабрику в поселке Чадак Наманганской области, обеспечив работой 520 человек. Это уже вторая фабрика в этом районе. Здесь же организовали работу учебного центра для людей, не имеющих профессии, предоставив им возможность дальнейшего трудоустройства.

Спонсорская помощь нескольким спортивным федерациям помогает спортсменам страны достигать высоких результатов. При этом сам комбинат содержит команды высшего эшелона республики по волейболу, мужскому и женскому гандболу, футболу, женскому баскетболу.

Но это то, что делается в масштабах города и республики. Еще большее внимание уделяется труженикам предприятия и ветеранам производства. Сильный Коллективный договор обеспечивает многочисленные права труженикам. Для работников АГМК и горожан действуют Дворец культуры «Металлург», современная спортивная база с секциями по различным видам спорта, для тружеников предприятия и его пенсионеров действует медико-санитарная часть, санаторий-профилакторий, два пансионата в курортных регионах республики, две зоны отдыха, которые они могут посетить с членами своих семей, для детей комбинатцев открыты 16 дошкольных образовательных организаций, пять оздоровительных лагерей. Неработающие пенсионеры комбината ежегодно получают материальную помощь в размере пяти минимальных зарплат, установленных в республике, участники войны и трудового фронта ежемесячно получают продуктовые наборы с 10-ю наименованиями продуктов, а одинокие, нуждающиеся в социальной поддержке



Фото 6. Дворец культуры «Металлург»

ветераны труда находятся под контролем своих трудовых коллективов, им продуктовые наборы выделяются ко всем государственным и народным праздникам.

Ежемесячные премии и выплаты за выслугу лет, материальная помощь на лечение при выходе в трудовой отпуск, широкие возможности для оплаты лечения работников, суюнчи (материальный подарок на рождение ребенка), расходы по погребению... Коллективным договором АО «Алмалыкский ГМК» предусмотрены практически все аспекты жизни и деятельности членов его коллектива. Все это сохраняется, несмотря на весьма ощутимый поток финансирования строительства новых объектов. В прошлом году на социальное обеспечение каждого работника было направлено 1224,2 млрд. сумов.

Не хвалюсь, но социальный пакет Алмалыкского горно-металлургического комбината – один из лучших в стране и среди родственных предприятий ближнего зарубежья.

Уверен, что реализация нашего главного инвестиционного проекта позволит укрепить финансовое положение предприятия и, соответственно, повысить социальное обеспечение его тружеников.

АГМК: молодой и перспективный.

Алмалыкскому горно-металлургическому комбинату – 75! Но он совершенно не чувствует этого возраста, разве что по накопленному опыту и колоссальным объемам модернизации и реконструкции производства. В его основных цехах действует новое оборудование, перевозку руды осуществляют современные карьерные 220-тонные автосамосвалы и локомотивы. Некоторые технологические цепочки практически полностью автоматизированы. Про производства, которые обретают вторую жизнь, и говорить не приходится. Это относится к Ингичкинкой обогатительной фабрике, расположенной в Самаркандской области. Здесь ведется отработка техногенного месторождения вольфрама с получением концентрата для дальнейшей переработки в НПО ПРМИТС. Второго рождения ждет и рудник «Уч-Кулач» в Джизакской области, проект по которому осуществляется турецкой компанией.

Делает моложе и чувство сопричастности и собственной значимости в решении мировой потребности в медной продукции. Уже сегодня «новая экономика» потребляет 1,6 миллиона тонн этого металла

На фоне энергетических кризисов и все дорожающих энергоносителей потребность, а, соответственно, и цены на медь будут только расти. По оценкам международных экспертов ожидается, что к 2030 году мировой спрос на медь вырастет на 40% в силу роста производства электромобилей, электротехники и освоения возобновляемых источников энергии.

Помимо этого, комбинат делает ставку не просто на увеличение объема добычи меди, но и активно работает в направлении наращивания объемов производства продукции с высокой добавленной стоимостью и экспорта не просто сырья, а готовой продукции. На это направлено создание Кластера медной продукции. По самым предварительным подсчетам, это позволит увеличить выручку предприятия до 8 миллиардов долларов.

У специалистов комбината много наработок, рацпредложений по каждому направлению его деятельности, по работе каждого его предприятия можно рассказать много интересного. Практически повсюду имели место нестандартные инженерные решения, достигалось совершенствование, и это, наверняка, вызовет определенный интерес у коллег.

Думаю, что на страницах специального выпуска журнала, посвященного 75-летию Алмалыкского горно-металлургического комбината, специалисты выберут что-то нужное для своего производства, может быть, впоследствии, поделятся своими наработками или сообща решат общую для их предприятий проблему. Одним словом, хотелось бы, чтобы этот выпуск стал максимально полезным для коллег и для нас.

Пользуясь случаем, хочу выразить глубокую признательность Шавкату Миромоновичу Мирзиёеву и Правительству Узбекистана: благодаря поддержке и взвешенным решениям у нас есть возможность развиваться и двигаться вперед.

От имени правления Акционерного общества поздравляю многотысячный интернациональный коллектив Алмалыкского горно-металлургического комбината с юбилеем предприятия и благодарю всех за добросовестный труд и самоотдачу в достижении намеченных рубежей.

Благодарю всех наших партнеров за сотрудничество и надежность.

Здоровья всем, счастья, мира и благополучия!



«МЕДЕПЛАВИЛЬНЫЙ ЗАВОД – «СЕРДЦЕ» АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК»



Умаралиев И.С.,
главный инженер
Медеплавильного завода АО «АГМК»



Ваккасов Б.А.,
директор
Медеплавильного завода АО «АГМК»



Джураев Н.Ш.,
заместитель главного инженера
по производству Медеплавильного
завода АО «АГМК»

Maqola Olmaliq KMK AJ mis metallurgiya tarixiga bag'ishlangan. Maqolada mis eritish zavodining rivojlanishi va uning asosiy ishlab chiqarish sexlari haqida ma'lumot berilgan.

Tayanch iboralar: mis, mis shteyn, chiqindi shlak, sulfat kislota, ammoniy sulfid-bisulfid, konversiya, o'tda tozalash, mis elektrolizi.

Статья посвящена истории металлургии меди в АО «Алмалыкский ГМК». В статье приведены сведения о развитии медеплавильного завода, его основных производственных цехов.

Опорные слова: медь, медный штейн, отвальный шлак, серная кислота, сульфит-бисульфит аммония, конвертирование, огневое рафинирование, электролиз меди.

Медеплавильный завод АО «Алмалыкский ГМК» – предприятие с богатой историей. Медеплавильный завод является завершающим звеном в медной цепочке, освоивший полный цикл медеплавильного производства, является крупнейшим подразделением АГМК.

31 декабря 1963 года – знаменательная дата в истории нашего государства: металлурги Алмалыкского горно – металлургического комбината выдали первую черновую медь Узбекистана. Именно этот день стал днем рождения медеплавильного завода АГМК.

За 60 лет с момента выпуска первой Алмалыкской черновой меди здесь сменилось несколько поколений металлургов, обновились технологии и оборудование, идет расширение обогатительных фабрик комбината и медеплавильного завода. Многие из того, что делалось на медеплавильном заводе в Алмалыке, делалось в первые. Здесь впервые в цветной металлургии стали применять природный газ. Изменена классическая технология отражательной плавки: она переведена на кислородное дутьё. Создан уникальный комплекс КВП – кислородно-взвешенной плавки сернистых медных руд.

В конце 1967 года было принято решение перейти от плавки сырой шихты в отражательной печи к более прогрессивному методу кислородно-факельной плавки.

Вводимая в эксплуатацию кислородно-взвешенная плавка предполагает высокие технико – экономические показатели, значительное повышение комплексного использования сырья, выпуск попутной продукции.

Завод рос, расширялся. В целях защиты воздушного бассейна от вредных выбросов и комплексного использования природных ресурсов развивалось сернокислотное производство – сначала на территории цинкового завода, где в 1963 году был построен первый сернокислотный цех (СК-1), затем 25 декабря 1967 года введен в эксплуатацию новый контактный сернокислотный цех (СК-2), а 30 декабря «сернокислотчики» откачали первые тонны кислоты на склад готовой продукции.

Для вывода примесей из кислых растворов в цехе электролиза меди, а также для удовлетворения потребностей сельского хозяйства в апреле 1971 года на заводе была освоена технология производства медного купороса.

В сентябре 1973 года завод прекратил поставки медеэлектролитных шламов на родственные предприятия, освоив производство серебряно – золотого сплава.

В 1991 году начато строительство аффинажного отделения. Первый серебряный слиток был получен 24 декабря 1991 года, а 26 декабря был получен первый золотой слиток. В мае 1992 года, всего через пять месяцев после пуска, была освоена проектная мощность аффинажа, получены слитки высочайшего качества.

Начало 1993 года ознаменовалось пуском второго сернокислотного цеха СК – 3, производящего серную кислоту из отходящих технологических газов. В последние годы на медеплавильном заводе сооружены четыре водозаборных скважины, внедрены шихтово – кислородные горелки повышенной производительности на печи КФП. Введена в действие установка по производству сульфита – бисульфита аммония, который является заменителем дорогостоящего импортного реагента, использующегося на медной обогатительной фабрике.

В 2000 году на МПЗ был введен в эксплуатацию - цех по производству редких металлов.

Успех любого предприятия во многом зависит от первого руководителя. За 60-летнюю историю МПЗ сменилось много директоров, и каждый из них внёс свой вклад в развитие и процветание завода.

В состав медеплавильного завода входят:

Основные цеха:

- металлургический цех (МЦ);
- цех электролиза меди (ЦЭМ);
- цех по производству медного купороса (КЦ);
- цех аффинажа золота и серебра (ЦАЗИС);
- сернокислотный цех (СКЦ);
- цех по производству редких металлов (ЦПРМ);



Фото. Директора Медеплавильного завода в разные года

– цех волочения и производства эмалипровода (ЦВПЭ).

Вспомогательные цеха:

- цех разделения воздуха (ЦРВ);
- энергоцех (ЭЦ);
- цех КИПиА;
- ремонтно-механический цех (РМЦ);
- специализированный ремонтно-монтажный цех (СЦРМ).

За прошедшие годы с ростом мощностей предприятия были

созданы новые отделения. На сегодняшний день предприятие наладило свою систему производства на холле, опирающемся на деятельность семи основных и пяти вспомогательных цехов, металлургический цех является сердцем медеплавильного завода. В металлургическом цехе начинается этап металлургии.

Металлургический цех.

Основная деятельность – получение черновой и анодной меди пирометаллургическими процессами.



Фото. Конвертирование медных штейнов

30 декабря 1963 года в металлургическом цехе с отражательной печи первый штейн, а на следующий день – первая черновая медь Узбекистана. В честь этого знаменательного события была отлита памятная медаль “Свинцово – цинковое и медное производство. 1964 год. Город Алмалык”. Уже 22 января 1964 года Государ-

ственная комиссия подписала акт о приеме в эксплуатацию первой очереди медеплавильного завода. Металлургическое производство завода в то время состояло из отражательной печи и двух конвертеров. Основной целью конвертерного передела является переработка медного штейна с получением черновой меди и технологиче-

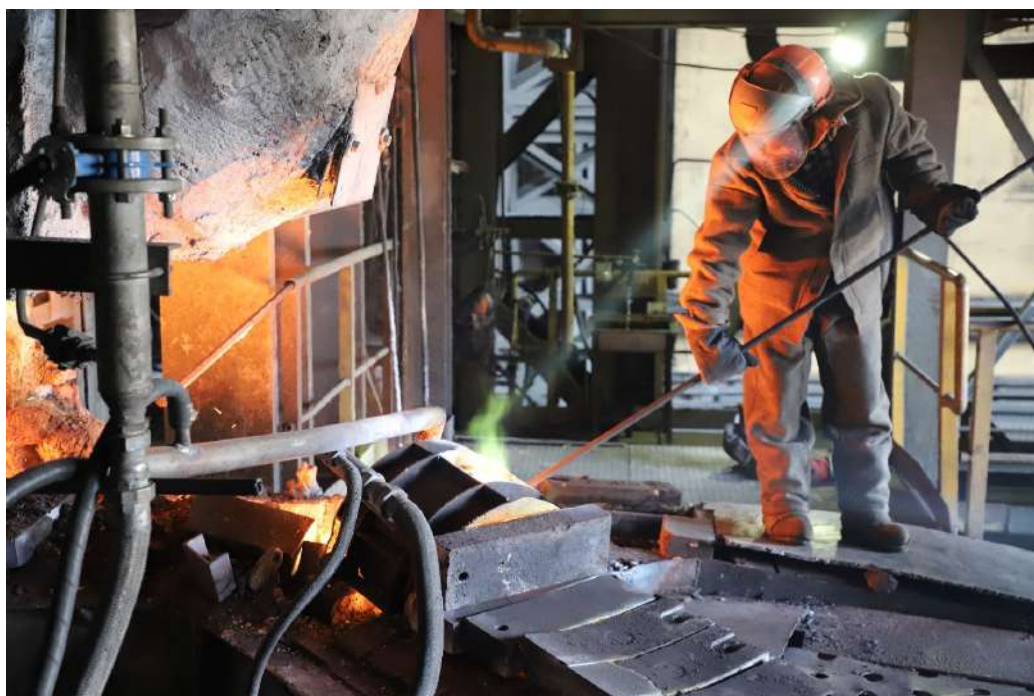


Фото. Получение штейна с печи ПЖВ



Фото. Выдача штейна с миксера печи ПЖВ

ских газов для производства серной кислоты. В этом же году впервые в наклонных анодных печах было освоено огневое рафинирование меди – удаление из черновой меди железа, серы, свинца и других более электроотрицательных, чем медь примесей. Процесс рафинирования меди является заключительной операцией в металлургическом производстве черновой меди. 14 апреля 1964 года было осуществлено огневое рафинирование меди в двух наклонных анодных печах (ёмкостью 200 т каждая) и выданы первые ано-

ды. А мощность этих печей была освоена уже в 1970 году. Производство медных слитков – выпуск первых вайербарсов – началось в 1965 году. С 1972 года медные слитки СН – 1 выпускались с Государственными знаками качества. В то время они являлись эталоном для медной промышленности страны. В 1966 году в металлургическом цехе по проекту Гипроцветмета было начато строительство уникальной печи кислородно-взвешенной (кислородно-факельной) плавки медных концентратов, которая вступила в строй



Фото. Начальник Металлургического цеха – Шадманов Алимджан Тагаевич



Фото. Отгрузка катодной меди



Фото. Процесс протаривания медного купороса

в 1968 году, а с 31 марта этого года с печи КФП получен первый штейн. Внедрение печи кислородно-факельной плавки обусловило снижение в два раза выбросы вредных веществ в атмосферу, позволило резко сократить расход топлива и энергозатрат на производство одной тонны меди. В 1982 году за разработку и промышленное внедрение технологии высокоэффективного головного процесса автогенной кислородно – факельной плавки с утилизацией серы и тепла, отходящих металлургических газов на АГМК большой группе специалистов была присвоена государственная премия.

В 1987 году в металлургическом цехе началось внедрение в производство установки весового дозирования (УВД) анодов в анодном переделе, которое закончилось в 1989 году. УВД позволяет соблюдать минимальную погрешность в весе анодов – до 3 кг, что имеет большое значение в процессе электролиза меди и ведет к снижению выхода в скрап. В 2002 году силами специалистов заво-

да установка весового дозирования была восстановлена.

В 1988 году на конвертерном отделении проведены полупромышленные испытания обеднение конвертерного шлама крупнокусковым клинкером цинкового завода, в результате чего в период испытаний содержание меди в конвертерном шлаке снизилось с 3,28% до 2,5%, повысилось извлечение меди из штейна в черновую медь.

В 2017 году в рамках инвестиционного проекта «Строительство новой плавильной печи на медеплавильном заводе» запустили новую печь Ванюкова (ПВ) или плавка в жидкой ванне (ПЖВ). В настоящее время новая плавильная печь является одним из основных металлургическим агрегатом (оборудованием) плавильного отделения металлургического цеха. Процесс ПЖВ - это уникальный способ переработки сульфидного сырья, при котором удается утилизировать до 93,3% отходящих газов. В печи ПЖВ плавка сульфидных концентратов происходит при интенсивной подаче кислородно-воздушной смеси в ванну расплава.

Основные оборудования плавильного отделения:

- отражательная печь (ОП);
- печь кислородно-факельной плавки (КФП);
- печь Ванюкова (ПВ).

Переработка сульфидных медных концентратов и золотосодержащих флюсов.

Продукты плавки - медный штейн, отвальный шлак и технологические газы для производства серной кислоты. В плавильном отделении происходит переработка медного концентрата плавкой в печах Ванюкова, КФП, ОП с последующим конвертированием медных штейнов.

Основное оборудование конвертерно-анодного отделения:

- конвертера (4 шт.). Переработка медного штейна ОП и КФП с получением черновой меди, конвертерного шлама и технологических газов для производства серной кислоты;
- анодные печи (2 шт.). Огневое рафинирование черновой меди, продукты плавки – анодная медь и анодный шлак;
- печь грануляции меди – продукт плавки – гранулированная медь – сырье для производства медного купороса.

Начало начал завода.

«Металлургический цех – начало начал медеплавильного завода. Здесь я проработал 35 лет, отметил такие значимые даты, как 30, 40 и 50 лет МПЗ. Незаметно пролетело еще десятилетие, и вот не за горами очередной юбилей – 60-летие родного предприятия.

Я всегда гордился и горжусь, что мне посчастливилось работать в самом «сердце» комбината на МПЗ – металлургическом цехе. Дробильно-шихтарное, плавильное, конвертерно-анодное отделения, крановое хозяйство, газовая служба, участок шлакоотвалов – это для меня непростые слова. Здесь прошло мое становление как специалиста и руководителя.

Наш цех ежемесячно справляется с прогнозируемыми показателями. В этом году нам предстоит выпустить 151450 т черновой меди и 176769 т анодной меди. Уверен, что эти высоты будут достигнуты, ведь для этого многое делается как инженерно-техническими работниками, так и рабочими. Конечно, прежде всего, это соблюдение трудовой дисциплины. Главное – чтобы каждый пришел на работу здоровым и ушел домой невредимым. Многое зависит и от атмосферы, психологического климата в коллективе. Немаловажную роль играют и своевременные качественные ремонты технологического оборудования, квалификация кадров, отношение обслуживающего персонала к своим обязанностям... В общем, составляющих немало.

На заводе металлургический цех был и остается самым многочисленным по числу работающих. Сегодня МЦ – это 860 рабочих и 60 ИТР. Коллектив цеха – это профессионалы своего дела, которые отдали предприятию не один десяток лет. Среди них заместитель



Фото. Коллектив купоросного цеха

начальника, технолог цеха Хамра Касымов, механик Неъмат Абдукадыров, энергетик Мадияр Садуллаев, старейший работник комбината и завода, старший мастер кранового хозяйства Рафаил Утяев, плавильщики Алижон Анарбаев, Музаффар Курбанов, Зохид Имомов, Шерали Тошпулатов, разливщики Жума Дадаков, Дилшод Исмамов, конвертерщики Наиль Хабибрахманов, НаDIR Ваккасоев, Шухрат Байзаков, машинисты котла Фатима Бердалиева, сушильщики Клара Джурабекова, старший мастер плавильного отделения Хаким Иброхимов, слесарь-ремонтник газового хозяйства Зайнуддин Хайдаров, аппаратчики приготовления огнеупорных масс Татьяна Мирошниченко, Вазира Колбекова, Татьяна Букачева, машинист крана дробильно-шихтарного отделения Колесниченко Римма... Есть у нас и династия Исмаиловых. Кидирали-ака в 1970 году устроился машинистом крана в конвертерно-анодное отделение. И сейчас там же, в КАО, машинистами кранов трудятся его дети и племянники: шесть человек! Все они ответственные, аккуратные работники, ведь, как известно, без кранов металлургическое производство не может обойтись.

За последние десять лет выросла и окрепла наша молодежь, которая уже уверенно трудится, берет пример со своих старших коллег. Это плавильщики Мирхаят Дехканбаев, Шахзод Хажимура-тов, Толиб Норматов, Азиз Рахимов конвертерщики Даврон Жамолов, Собирхон Мухтархонов, электромонтеры Хуршид Усубалиев, Жавлон Усаров, слесари-ремонтники Ульмас Юсупов, Фирдавс Норкулов, мастер ПО Шахзод Мирзабеков и.о. мастера КАО Ёркин Маннопов... Хочу также отметить ИТР, за плечами которых учеба в ВУЗах, годы работы на рабочих должностях, накопление опыта – это начальник ПО Саидаблохон Муталибхонов, начальник КАО Жасур Туракулов, старший мастер ДШО Жамшид Адашев, механики Кадыр Хахимов, Голиб Ибрагимов, энергетика Сирожиддин Ибодуллаев, Саидмухаммад Гиясов.

Многое изменилось за время моей работы, и особенно за последние десять лет: был построен комплекс печи ПЖВ, реконструирован конвертер №4, впервые за все время был капитально отре-



Фото. Процесс получения слитков золота и серебра



Фото. Получение слитков золота и серебра



Фото. Ёмкости сернокислотного цеха



Фото. Ведение процесса производства серной кислоты

монтирован АБК цеха... Многие технологические процессы усовершенствованы, широко внедряется их автоматизация, устанавливается видеонаблюдение...

Сейчас уже трудятся дети тех, с кем когда-то я начинал работать, кто научил меня любить свою профессию.

Я от всей души хочу поздравить коллектив МПЗ и наших ветеранов производства, находящихся на заслуженном отдыхе, всех, кто сегодня пишет историю завода и цеха, с юбилеем нашего предприятия! Желаю всем благополучия в семье, ведь если дома все хорошо, то и на работе будет отдача!

Молодых специалистов призываю учиться, работать над собой и продвигаться вперед для покорения вершин в металлургии!

Здоровья, счастья, хорошего настроения и успехов в работе! - именно так выражается Начальник Металлургического цеха Медеплавильного завода – **Алимджан Тагаевич Шадманов**.

Цех электролиза меди.

Основная задача цеха – получение катодной меди чистотой 99,99% методом электролитического рафинирования.

В 1953 году разработан проект цеха электролиза меди (ЦЭМ) который был утвержден в 1955 году. В 1963 году технологическая часть проекта была откорректирована с увеличением мощности цеха на 12% от первоначальных планов. В сентябре 1964 года были завершены строительные работы в ЦЭМ, и его первая очередь была принята в эксплуатацию. 17 сентября на электролитные ванны было подано напряжение, а на следующий день снята первая Алмалыкская катодная медь. До сих пор наш город остается единственным в Узбекистане, где получают катодную медь двух марок: МООк, МОк соответствующей ГОСТ 546-2001. Основным видом товарной продукции цеха является катодная медь с содержанием металла 99,99% и медеэлектролитные шламы. Требования, предъявляемые к выпускаемой здесь продукции, выражаются в получении меди высокой чистоты, обладающей высокой электропроводимостью, пластичностью, а также в попутном извлечении благородных металлов (золота и серебра) и редких элементов (селена и теллура).

На свою проектную мощность цех вышел в 1970 году. В этом же году в ЦЭМ МПЗ был внедрен способ обнаружения коротких замыканий между электродами при помощи термоиндикаторных покрытий, что способствовало снижению энергозатрат, улучшений условий труда и повышений производительности труда рабочих цеха. В этом же году здесь были применены матрицы, используемые в процессе электролиза меди, из титана вместо меди, с большим сроком эксплуатации.

В цехе установлено 1216 ванн, в каждую из которых, можно загрузить 36 анодов. В зависимости о назначения ванн в них зашивают катодную основу или титановые материалы. В первом



Фото. Коллектив сернокислотного цеха



Фото. Коллектив цеха производства редких металлов (ЦПРМ)



Фото. Коллектив цеха волочения и производства эмалипровода (ЦВ и ПЭП)



Фото. Коллектив цеха разделения воздуха (ЦРВ)



Фото. Коллектив Энергоцеха (Энц)



Фото. Коллектив цеха контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А)



Фото. Дежурные персоналы проводят переключений сети



Фото. Обход сотрудников КИП и А по цехам Медеплавильного завода

случае серии называются товарными, во втором случае – матричными.

Продолжительность периода растворения одной партии анодов составляет 18-25 суток. Продолжительность наращивания анодов на первом сроке 57 суток, на втором и на третьем 7-9, 6-9 суток, соответственно. После промывки катодов конденсатом их вывозят на склад готовой продукции для отгрузки потребителям. Анодные

остатки отправляют на переплавку в металлургический цех, а оставшуюся пульпу – в цех аффинажа золота и серебра.

Коллектив цеха ежемесячно справляется с плановыми заданиями. Основные специальности в ЦЭМ – это электролизники водных растворов, катодчики, машинисты мостовых кранов, обработчики матричных листов, аппаратчики приготовления электролитов. Кроме двух основных подразделений: матричного и товарного, в цехе есть ряд вспомогательных: энерго – и ремонтная служба, хозяйственный участок, лаборатория.

Основное оборудование:

– серии электролизных ванн – 32 шт.;

– количество ванн в серии – 38 шт.;

Продукты электролиза – катодная медь – товарная продукция; медьэлектролитные шламы для извлечения золота, серебра, селена и теллура. Производительность – 148 тыс. т катодной меди в год.

Цех по производству медного купороса.

Основная задача цеха – получение медного купороса гидрометаллургическим методом, путём утилизации отработанных электролитов ЦЭМ и ЦАЗиС.

Цех по производству медного купороса (КЦ) является основным структурным подразделением медеплавильного завода. История выпуска этой продукции на АГМК началась в 1971 году, когда для вывода вредных примесей из кислых растворов и для удовлетворения потребностей сельского хозяйства в цехе электролиза меди была освоена технология производства медного купороса. Первый медный купорос АГМК был получен 4 апреля 1972 года.

Цех же был построен проекту института Гипроцветмет. КЦ введен в эксплуатацию в январе 1972 года, проектная мощность его 5,5 тыс. тонн в год. Технологию производства медного купороса разработал институт Гинцветмет.

Медный купорос получают на АГМК гидрометаллургическим методом. Поступающий электролит из шламового отделения цеха аффинажа золота и серебра и цеха электролиза меди нейтрализуется, фильтруется, выпаривается в вакуум – выпарных аппаратах, кристаллизуется в механических кристаллизаторах. Затем идет фуговка в центрифуге, в которой кристаллы отделяются от жидкости. По ленточному элеватору полученная масса отправляется в сушильный барабан, потом поступает в бункера, затаивается и отправляется на склад готовой продукции.

На всех стадиях производства медного купороса осуществляется технологический контроль: поступление растворов из ЦАЗиСа и ЦЭМа, поступление медных гранул, нейтрализация растворов.

При кристаллизации и сушке медного купороса, проверяется качество готовой продукции. Отходы производства медного купороса – медные гранулы и кек гидролитической очистки растворов – возвращаются в металлургический цех на переработку и производство черновой меди.

Медный купорос используется для нужд сельского хозяйства: обработки огородных культур, древесины от гниения, в составе бордосской жидкости, как реагент в скотоводстве и птицеводстве, а так же протравливания стен и потолков помещений перед побелкой и т. д. Продукция цеха применяется в таких подразделениях АГМК, как плавательный бассейн спортивного клуба Металлург, молочно – товарная ферма и предприятие по производству сельскохозяйственной продукции. Медный купорос АГМК отправляется в основном на экспорт: во Францию, Германию, Польшу, Болгарию, Италию, Китай, Турцию, США.

Цех стабильно перевыполняет плановые задания. В этом году ежемесячно здесь производят 800 – 850 тонн необходимого медного купороса.

Основная специальность при производстве медного купороса в КЦ – аппаратчики – гидрометаллурги; вспомогательные – слесари, электрики, сантехники, сварщики.

Основное оборудование:

- оксидизеры;
- окислитель;
- фильтрпрессы;
- вакуум-выпарные аппараты;
- механический кристаллизатор;
- центрифуга;
- ленточный элеватор;
- сушильный барабан.

Выведение примесей из электролита ЦЭМ с использованием медных гранул – получение медного купороса.

Цех аффинажа золота и серебра.

Основная деятельность цеха получение драгоценных металлов золото и серебро из медьэлектролитных шламов ЦЭМ с попутным извлечением селена и теллура.

Путь к аффинажному производству на АГМК был долгим и нелегким. С 1966 года по 1973 года в цехе электролиза меди МПЗ в качестве товарной продукции получали медьэлектролитные шламы, направлявшиеся для дальнейшей переработке на Пышминский медьэлектролитный завод.

В сентябре 1973 года введено в эксплуатацию шламовое отделение, после чего МПЗ прекратил поставки медьэлектролитных шламов на родственные предприятия страны, освоив производство серебряно – золотого сплава Доре. В сентябре и декабре 1973 года здесь были получены первые селен и теллур. Через два года была освоена проектная мощность по переработке шлама.

После обретения Узбекистаном независимости появилась острая необходимость в выпуске в качестве товарной продукции аффинированных драгоценных металлов. В 1991 году Кабинет Министров Республики Узбекистан издал постановление, подписанное Президентом И. Каримовым, о создании на АГМК аффинажного производства.

Так, за весьма короткий срок аффинажное отделение было введено в действие. С этого времени шламово-купоросный цех, затем гидрометаллургический носит название цеха аффинажа золота и серебра (ЦАЗИС). Но какое бы название не носил цех, назначение у него было одно – производство драгметаллов. 24 декабря 1991 года здесь получен первый слиток серебра, а 26 декабря – золота. 18 лет на комбинате, с 1973 по 1991 гг. в качестве товарной продукции выпускался серебряно – золотой сплав Доре. Сейчас в ЦАЗИС два основных отделения – передела: шламовый и аффинажный, выпускающие слитки серебра и золота.

Уже в мае 1992 года была освоена мощность аффинажного отделения. Через четыре года Лондонская ассоциация рынка драгоценных металлов приняла аккредитацию АГМК по производству высококачественных слитков серебра, и в 1996 году Лондонская биржа драгметаллов присудила серебру АГМК статус хорошей поставки. Через год подобной награды было удостоено и золото комбината.

В 1997 году в связи с возникшей потребностью для ювелирной промышленности Узбекистана в гранулированном серебре в ЦАЗИС приступили к его выпуску: гранулы диаметром 2-5 мм. Высокого качества, стабильные по размеру и форме, их поверхность не содержит пор и раковин. После ситового анализа получены гранулы по фракциям 2-3 и 4-5 мм. Процесс получения гранул защищен авторским свидетельством.

Аффинаж сплава «Доре». Продукты производства – слитки золота и серебра.

С 1991 года специалистами комбината была разработана технология переработки сбросных растворов с получением палладия в порошке с массовой долей палладия 70-80%.

В 2019 году специалистами комбината разработана и опробована в промышленных условиях в цехе аффинажа золота и серебра медеплавильного завода новая технология извлечения палладия в



Фото. Обход сотрудников КИП и А по цехам Медеплавильного завода

порошке из растворов цеха. В результате был получен аффинированных палладий в порошке с массовой долей палладия не ниже 99,0%.

Сернокислотный цех.

Предназначение сернокислотного цеха – утилизация и переработка отходящих газов металлургического производства, и получение серной кислоты, вырабатываемой путем переработки отходящих технологических газов металлургического цеха контактным методом. с выпуском серной кислоты – готовой продукции, соответствующей ГОСТ 2184-2013 «Серная кислота».

Строительство сернокислотного цеха № 2 на МПЗ (СК – 1 был построен на территории цинкового завода: первая очередь в 1963 году, вторая – в 1964-м) началось в 1965 году по проекту научно – исследовательского института Уралгипрохим.

Пуск построенных объектов в эксплуатацию был осуществлен поэтапно:

I очередь – 08.01.1968 года;

II очередь - 24.12.1968 года.

Согласно приказа по АГМК за № 620 от 18.03.1994 года II очередь была остановлена.

Производительность одной технологической очереди отделения СК-2 составляет 180 тыс. т серной кислоты в год. Проектная производительность отделения СК-2 сернокислотного цеха освоена в 1974 году.

Проектная мощность двух очередей СК – 2 составила 180 тыс. т серной кислоты в год. 30 декабря 1975 год считается датой окончания строительства медеплавильного завода: в этом году был запущен сернокислотный цех СК – 23.

В 1992 году построен и введен в эксплуатацию сернокислотный цех СК – 3 мощностью 360 тыс. т в год. Первые тонны серной кислоты здесь получены 22 января 1993 года. Генеральным проектировщиком отделения СК-3 сернокислотного цеха является институт «Гипроцветмет».

Технология производства серной кислоты, основные узлы и аппараты разработаны институтом «Гипрохим» НПО «Минудобрения». Проектная мощность отделения СК-3 – 250 000 т в год. в перерасчете на моногидрат.

В 2015 году построен и введен в эксплуатацию сернокислотный цех СК – 4. Отделение СК-4 сернокислотного цеха входит в состав медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК» и расположен на территории бывшей 2-й очереди отделения СК-2. Генеральным проектировщиком отделения СК-4 сернокислотного цеха является компания «Outotek» GmbH (Германия).

Производительность отделения СК-4 определяется объёмом отходящего газа от медеплавильного производства и содержания в нём диоксида серы (SO₂). Номинальная пропускная способность сернокислотного производства рассчитана на 200000 м³/ч отходя-



Фото. Ремонтно-механический цех



Фото. Процесс изготовления деталей оборудования

щего газа со средним содержанием диоксида серы 7,0%. Проектная мощность отделения СК-4 составляет 500 000 т серной кислоты (МНГ) в год. Процесс получения серной кислоты из отходящих газов металлургического производства состоит из технологических операций, которые производятся:

- в *отделении очистки газа* – предназначено для очистки поступающих сернистых газов от пыли и вредных примесей, а также для снижения температуры газа;
- в *сушильно-абсорбционном отделении* – предназначено для сушки технологического газа и получения серной кислоты абсорбционным поглощением серного ангидрида концентрированным раствором серной кислоты;
- в *контактно-компрессорном отделении* – предназначено для транспортирования технологического газа по всей сернокислотной установке, а также каталитического окисления диоксида серы (SO_2) в триоксид серы (SO_3);
- *подготовка сжатого воздуха для КИПиА.*

Основная работа СКЦ сводится к утилизации отходящих газов металлургического производства и выпуску продукции в виде товарной серной кислоты. В настоящее время производительность (переработка) цеха составляет 180-200 тыс. кубометров газа в час. В прошлом году цехом выдано 703,9 тыс. т серной кислоты [2]. Коллектив цеха достойно справляется с плановыми показателями и занимает одно из ведущих мест в работе МПЗ. Основные потребители продукции СКЦ МПЗ – Алмалыкское ОАО «Аммофос», Кокандский суперфосфатный завод, Навоийский горно – металлургический комбинат, Андижанский масложир – комбинат, ряд республиканский теплоцентралей, а также цеха МПЗ (ЦЕМ, купоросный цех), управ-

ление автомобильного транспорта АГМК. За более чем 35 лет существования СКЦ медеплавильного завода здесь выпущено около 11 млн. т серной кислоты.

Основное оборудование СК – 3, СК - 4:

- промывные башни;
- мокрые электрофилтра;
- сушильная башня;
- отдувочной башня;
- моногидратный абсорбер;
- нагнетатели;
- контактный аппарат;
- теплообменники;

Участок получения сульфит-бисульфит аммония (СБА).

В 1997 году введен в эксплуатацию участок по производству СБА (сульфита – бисульфита аммония) – заменителя дорогостоящего импортного флотореагента, используемого на медной обогатительной фабрике АГМК для производства молибденового промпродукта.

Получение водного раствора сульфит-бисульфит аммония из отходящих газов сернокислотного производства, используется как реагент для процесса флотации медной обогатительной фабрики. Установка по производству сульфит-бисульфит аммония (СБА) водный раствор-реагент для флотации смонтирована на базе сушильно-абсорбционного отделения сернокислотного цеха, территориально и административно входит в состав медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК».

Назначение установки – получение сульфит-бисульфита аммония – водного раствора-реагента для флотации из отходящих газов сернокислотного производства для нужд медной обогатительной фабрики (МОФ).

Для стабилизации объемной доли диоксида серы в поступающем на установку газе (в пределах 0,1-2,0%) и обеспечение стабильной потребности МОФ смонтирована подпитка крепким газом до 2,2%

Технологический процесс получения СБА разработан специалистами комбината совместно с институтом «Средазнипроцветмет».

Проект установки разработан проектно-конструкторским отделом и центральной лабораторией автоматизации комбината.

Установка состоит из одного технологического потока, скомпанованного из следующих основных отделений и сооружений:

- узел приёма аммиака водного технического и отпуска готовой продукции;
- узел абсорбции диоксида серы аммиаком водным техническим.

Проектная мощность установки составляет 15000 т/год по 20-ти процентному раствору, отвечающему требованиям Ts 00193950-009:2015.

Производственная мощность установки в связи с реконструкцией газоходной системы и работы с 25 % раствором аммиака составляет более 30000 т/год.

Год ввода в эксплуатацию – 1997.

Основное оборудование: абсорберы А1 и А2; дымососы Д1 и Д2.

Цех по производству редких металлов.

Предназначение цеха – получения молибденового огарка и перренат-аммония из молибденового промпродукта МОФ.

Цех получения редких металлов (ЦПРМ) – самое молодое подразделение в системе медеплавильного завода. Статус цеха он получил в 2001 году.

На медной обогатительной фабрике АГМК получают молибденовый промпродукт, в котором содержатся редкие и другие ценные металлы (молибден, рений и т. д.). Раньше он безвозвратно терялся. Но во всем мире эти металлы пользуются большим спросом. Руководством АГМК в 1998 году было принято решение о строительстве участка получения редких металлов (УПРМ). Его проект был разра-

ботан ЗАО «Металлургия цветных металлов» горда Санкт – Петербурга. В 1999 году участок, построенный силами АГМК, был сдан в эксплуатацию. В марте 2001 года УПРМ был присвоен статус цеха получения редких металлов.

С медной обогатительной фабрики в цех поставляется молибденовый промпродукт, который здесь обжигается. В результате обжига цех получает огарок промпродукта молибденового с содержанием молибдена от 20 до 45 % в растворы газоочистки переходит до 70% рения. Данные растворы и являются исходным сырьем для получения рения.

Первый рениевокислый аммоний получен в ЦПРМ в 2001 году. Тогда же он был аттестован. Технология извлечения редких металлов разработана специалистами центральной химико-технологической лаборатории АГМК совместно с ЗАО «Металлургия редких металлов» с учетом опыта УзКТЖМ г. Чирчика.

Несмотря на трудности, в цехе устанавливается новое оборудование, силами МПЗ и руководством АГМК ведется постоянное усовершенствование по улавливанию ценных компонентов из отходящих газов. Мероприятия, выполненные цехом с 2017 года:

- 2017 г. – модернизация участка газоочистки;
- 2019 г. – установлена дополнительно система газоочистки;
- 2019 г. – построена обжигочная печь № 4;
- 2022-2023 гг. – строительство печей № 5, № 6;
- 2023 г. – расширение склада готовой продукции.

Цех по производству медного эмалированного провода.

Основная задача цеха – получение эмалированного провода марки ПЭТ-155 для нужд внутреннего рынка нашей Республики а также комбината.

23 марта 1995 года получен статус самостоятельной единицы в системе АГМК новый цех по производству медного эмалированного провода (ЦЭП). В 2000 году он стал одним из цехов медеплавильного завода. В дальнейшем цех был переименован на цех волочения и производства эмальпровода (ЦВиПЭП).

Цех оборудован двумя эмаль агрегатами как вертикальным и горизонтальным итальянской фирмы «Италия Импианти». На каждом имеется по восемь ниток со встроенным волочением, т. е. на одно агрегат одновременно можно выпускать эмалированные провода восьми различных диаметров. На горизонтальном эмаль – агрегате выпускается провод от 0,25 до 0,56 мм, а на вертикальном – от 0,6 – до 1,8 мм.

По ряду причин зарубежная фирма – изготовитель не предоставила специалистов для монтажа и пуска оборудования, поэтому это пришлось делать самим работникам цеха, для чего приглашались специалисты из других предприятий города, а также различных подразделений АГМК.

Первую продукцию – проволоку диаметром 0,4 мм – цех выдал 29 июня 1995 года на горизонтальном стане. Сейчас здесь выпускают провод медный круглый с эмалевой изоляцией маркой ПЭТ-155 диаметром от 0,25 до 1,8 мм в 33 разновидностях соответствующий ГОСТ 21428.

ЦВиПЭП был построен, в первую очередь, для удовлетворения нужд комбината, в частности, энергоремонтного цеха.

На сегодняшний день потребность АГМК в продукции этого цеха составляет 60 тонн. Активно цех по производству эмальпровода насыщает и внутренний рынок Республики: в год здесь выпускается до 500 тонн эмалированного провода, хотя производительность цеха составляет более 600 т.

В 2017 запущенная линия грубого волочения М85 немецкой компании «Niehoff» дала возможность выпуска медной проволоки, соответствующей мировым стандартам и улучшить качество эмальпровода. На работу линии грубого волочения привлечены специалисты с высшим образованием местных и зарубежным ВУЗов. Для оценки качества проводов приобретены дополнительные средства измерения и испытательные оборудования.



Фото. Процесс изготовления деталей оборудования

До сих пор в цехе ведется усовершенствование оборудования: в июне этого года для улучшения экономической обстановки в ЦВиПЭП установили дополнительное вытяжное устройство на печи, которое позволило уменьшить выброс вредных веществ в атмосферу.

Основное оборудование:

- волочильная машина – ВМ-13 М;
- эмальагрегат ЕСОВ 0/8 (вертикальный стан);
- эмальагрегат ЕСОН 1/8 (горизонтальный стан);
- линия грубого волочения М85.

В цеху производится медная проволока диаметром от 1,5 до 4,0 мм как для внутренних нужд, так и для экспорта.

На сегодняшний день в трудовом коллективе цеха трудятся более чем 50 сотрудников включая ИТР и рабочих. Работники цеха активно участвуют в благоустройстве и озеленении цеха.

Цех разделение воздуха.

Основная задача цеха – получение технического кислорода (92-96% O₂), жидкого азота, сжатого воздуха для нужд МПЗ и комбината.

Хотя этот цех и считается одним из вспомогательных звеньев завода, его место в производственной системе завода бесподобно. Цех разделения воздуха – это пять взаимосвязанных отделений, каждое из которых выполняет свою определенную функцию. Строительство цеха началось в начале 1960-х годов. В 1967 году введена в эксплуатацию воздухораспределительная установка № 1. 26 июля был произведен первый кислород.

В следующем году воздухораспределительная установка №2 была введена в эксплуатацию. К этому времени в цехе начали работать отделения компрессии кислорода и наполнения кислородных баллонов.

В 1987 году начаты работы по строительству кислородно-азотного агрегата №3 КА-15. В 1990 году этот блок был введен в эксплуатацию. Осенью 1998 года начались монтажные работы установки КААр-16/16 по производству кислорода-азота-аргона. Кислородный цех обеспечивает технологическим и техническим



кислородом подразделения металлургического производства, а также доставляет кислородные баллоны в медицинские учреждения нашей страны.

Цех работает в пяти подразделениях – три воздухораспределительных агрегата, цех воздухораспределительного оборудования, цех компрессии кислорода, цех наполнения кислородных баллонов, цех наполнения и хранения баллонов азотом и трубопроводная аэродромная станция.

Воздухораспределительные агрегаты являются основным отделением воздухораспределительного цеха и оснащены различным оборудованием, обеспечивающим бесперебойность технологических процессов цехов медеплавильного завода.

На сегодняшний день имеется три воздухораспределительных аппарата «КА-15 № 3», «КААр-16/16 № 4», «ҚДО-15000 № 5», три «К-1500», «ATLAS COPCO GT-078», В работе работают воздушные компрессоры HANWHA SE-110A".

Цех заправки баллонов способен за одну рабочую смену заправить более 500 баллонов с техническим кислородом. Он отвечает за снабжение металлургического цеха сжатым воздухом и необходимым давлением сжатого воздуха. Задача осуществляется отделом трубопроводно-воздушной станции.

В связи с увеличением мощностей по добыче, переработке руд и производству готовой продукции ОКМК на ХТТ реализован ряд проектов с целью экономии потребления электроэнергии, увеличения объемов производства сжатого воздуха и кислорода.

Введенный в эксплуатацию в Чехии компрессор «HANWHA SE-110A» позволил сэкономить 0,2 МВт электроэнергии. Кроме того, высокий результат дала замена компрессорного парка, установленного на турбовоздушной станции.

Недавно установленные компрессоры «HANWHA SM-6000» обеспечили основу для резкого увеличения производительности по производству сжатого воздуха и резкого снижения относительного потребления электроэнергии.

В 2015 году ввели в эксплуатацию новый блок разделения воздуха ҚДО-1500 №5 с новой технологией производства продуктов разделения воздуха, что позволило уменьшить затраты по энергоресурсам, уменьшить себестоимость выпускаемой продукции.

В 2023-2026 гг. планируется строительство новой воздухораспределительной установки, что также позволит снизить себестоимость готовой продукции.

Энергоцех(ЭЦ).

Трудно представить какую-либо производственную систему и промышленные предприятия без энергоснабжения. Хотя энергетический цех и считается одним из вспомогательных цехов медеплавильного завода, его роль в производственной системе предприятия бесподобна.

Энергоцех был создан в 1988 году, основной задачей которого является обеспечение цехов и цехов завода электроэнергией, хозяйственно-питьевой водой, технической оборотной водой и паром. До этого на заводе работали отдельные цеха, как сети подстанций и цеха оборотного водоснабжения. Эти два цеха были объединены и превращены в одну вспомогательную цех.

На сегодняшний день в составе энергоцеха функционируют участки электроснабжения, сантехнического обслуживания и оборотного водоснабжения.

Четыре основные подстанции отвечают за прием и распределение электроэнергии, передаваемой с подстанций «Кара-Киясой» и «Адолат» в подстанцию цехов завода. На головных подстанциях установлены 9 головных трансформаторов мощностью от 16 МВА до 40 МВА и 18 распределительных подстанций выше 1000 вт и 97 силовых трансформаторов 6000/400 В для цехов завода различной мощности от 250 кВА до 2500 кВА.

Общая длина силовых кабелей, подающих электроэнергию в основной и вспомогательный цеха завода, превышает 100 км, кро-

ме того, на силовой цех возложена эксплуатация около 300 высоковольтных выключателей и несколько десятков высоковольтных электродвигателей.

В целях улучшения работы систем оперативной сети завода также модернизировано 2 аккумуляторных комплексов. Замена более 30 масляных выключателей на вакуумные также свидетельствует о том, что инженерный технический работники цеха проводят целенаправленную работу.

Назначение цеха:

– обеспечение бесперебойного и качественного энергоснабжения цехов завода (электроэнергия, тепловая энергия, вода 1 цикла и оборотная, хозяйственная вода);

– бесперебойная и надежная работа оборотного водоснабжения, соблюдение технологического режима, температурных условий и качества подаваемой воды;

– своевременное и качественное проведение ремонтов электрооборудования, подземных коммуникаций, градирен в соответствии с системой ППР, содержание зданий, сооружений, инженерных сетей в технически исправном состоянии;

– учёт и контроль использования энергоресурсов.

Водоснабжение:

На балансе цеха находится дренажный водозабор, состоящий из 12 скважин (№ 1 – ХВО МЦ, № 2 – район цеха электролиза меди, № 3, 5, 12 – район градирен СКЦ, № 4, 10 – район ЦКК ЦРВ, № 7, 8 – район ТВС ЦРВ, № 6, 9, 11 – район градирен НОВ МП.) для перехвата дренажных вод и повторного их использования в производстве.

Хозяйственно-питьевые нужды обеспечивает водохранилище хозяйственно-питьевой насосной станции «Кераучи» (4 скважины) имеющее глубину 70 метров и рабочую производительность 375 м³/час.

Насосные станции оборотного водоснабжения в количестве 4 штук (НОВ-СК-2, НОВ-СК-3, НОВ – СК-23, НОВ-МП) предназначены для обеспечения оборотной водой металлургического и сернокислотного производств.

Насосная станция промливневой воды предназначена для перекачки отработанной в технологическом цикле воды для нужд медной обогатительной фабрики.

Теплоснабжение:

Источником теплоснабжения медеплавильного завода является ТЭЦ ОАО «АГМК» и котлы-утилизаторы типа КУКП-10/40, КУПВ-20/40, напыльники анодных печей № 1, 2, напыльники конвертеров № 1, 2,3 и 4. Пар, вырабатываемый при давлении 6 атмосфер и температуре 200°С, подается в общие паропроводы МПЗ. На нужды отопления и горячего водоснабжения используется горячая вода от собственного бойлера, которая подается в аккумуляторный бак (V=300 м³) и далее распределяется по цехам и участкам.

В состав энергоцеха входят 3 участка: электрослужба, сантехслужба и участок оборотного водоснабжения.

Цех контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА).

Задача цеха – обслуживание приборов контроля производства, устройства технологической сигнализации, устройства авторегулирования и управления технологическими процессами, устройства дистанционного управления регулирующей и запорной арматуры.

В 1964–х годах, цех контрольно- измерительные приборы и автоматика (КИПиА) в качестве вспомогательного цеха обслуживал каждый цех в отдельности, но не был сформирован в единый, унифицированный цех.

Годы спустя цех КИПиА был нацелен на формирование единого цеха, и в 1990-х годах Доники Сергей Максимович сформировал цех КИПиА как единый цех. Когда сформировалось цех КИПиА одним из первых кто работал мастером цеха КИПиА



Фото. Коллектив Ремонтно-механического цеха



Фото. Коллектив СЦРМ

были следующие: Морозов В.К, Русаков Н.М, Котлеров А.Н, Ушаков М.О, Абдулов Л.Г, Кардашов Н.И, Корнев А.А, Высоцкий В.С, Люкшин С.П, Чернов Д.А, Рассахатский А.П, Черезов В.И.

В истории цеха КИПиА были множество самоотверженные люди которые ставшие мастерами своего дела, и вносили свой несравненный вклад в процветание нашего предприятия, среди них одним из первых руководителей цеха КИПиА был Доник Сергей Максимович в 1990–х годах, Ким Александр Ень - Дюнович в 1995 году, Туляганов Бахриддин Нишанбаевич в 2011 году и Азизов Умид Баходирович в качестве начальником цеха КИПиА достойно управляет цеха КИПиА. В настоящее время цех КИПиА обслуживают шесть цехов медеплавильного завода, которые являются: Metallurgical цех плавильное отделение МЦ ПО, конверторно – анодное отделение АП, цех разделение воздуха ЦРВ, сернокислотны цех СКЦ, цех аффинажа золота и серера ЦАЗ и С, цех по производству редких металлов ЦПРМ. Рабочий персонал цеха КИПиА предоставляют услуги следующим подразделениям металлургического комплекса: дробильно – шихтарное отделение, плавильное отделение, конвертерно – анодное отделение. Плавильное отделение металлургического цеха является одним из

крупнейших цехов медеплавильного завода, где спрос на устройства КИПиА для управления технологическими процессами очень высок и требует от работников большого опыта и ответственности. Шайбеков Равиль Рафкатович с 1984 года по настоящее время является мастером цеха КИПиА в плавильном отделении металлургического цеха. Главное управление медеплавильного завода обеспечивает бесперебойную и эффективную работу технологических процессов в плавильном цехе обогащенной металлургии. Цех КИПиА входит в состав медеплавильного завода и служит для обслуживания приборов теплотехнического, химического контроля и относящимся к ним электрическим линиям,

Цех КИПиА обслуживает следующее оборудование:

- первичные и вторичные приборы теплотехнического, химического контроля и относящиеся к ним электрические линии;
- устройства, линии и цепи авторегулирования и управления технологическими процессами;
- устройства технологической защиты оборудования;
- устройства технологической сигнализации основного и вспомогательного оборудования;
- устройства дистанционного управления регулирующей и запорной арматуры, установленной на теплотехническом оборудовании;
- информационные и управляющие вычислительные машины, предназначенные для контроля и управления технологическим оборудованием, изотопные установки;
- трубные соединительные линии приборов технологического контроля, защиты и авторегулирования;
- электрическую часть периодически действующих устройств автоматики технологического оборудования(подача шихты и кварца, устройств загрузки бункеров концентрата и т.п.)

– весы всех систем, кроме аналитических, измерительную часть ЛДА.

Цех КИПиА включает в себя следующие основные участки:

- участок КИПиА конверторно-анодного передела металлургического цеха и весового хозяйства;
- участок КИПиА плавильного передела металлургического цеха;
- участок КИПиА сернокислотного цеха;
- участок КИПиА цеха аффинажа золота и серебра, купоросного цеха, цеха производства редких металлов, цеха электролиза меди;
- участок КИПиА цеха разделения воздуха.

За последние годы в нашей стране был проведен ряд реформ, касающихся развития цифровой экономики. В результате поддержки инновационных идей и технологий достигается экономия рабочей силы и прославление человеческих ценностей.

Программой в этом направлении послужил Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мер по ее эффективной реализации». На основании этого постановления в АГМК принята концепция «Цифровой



АГМК 2030», направленная на внедрение цифровых технологий во все сферы деятельности комбината, повышение эффективности бизнес и производственных процессов, эффективное использование топливно-энергетических ресурсов, минимизацию оборота бумаги. Документов и снижения себестоимости продукции, в частности на Медеплавильном заводе в 2021 году. Примером тому является созданная в сентябре Служба автоматизации систем управления технологическими процессами. С момента создания службы принцип работы и ведение технологических процессов на заводе были кардинально изменены и максимально модернизированы. Главной задачей службы считают цифровизацию и автоматизацию производственных технологических процессов в цехах и службах МПЗ.

Большую роль в создании службы АСУТП сыграл Туляганов Бахриддин Нишанбаевич. При создании службы АСУТП, Бахриддин Нишанбаевич привлек в свою команду опытных и квалифицированных специалистов.

Одним из таких специалистов является Азимов Джасур Олимжонович. В настоящее время Джасур Олимжонович работает руководителем корректировочной группы, входящей в состав службы АСУТП. Не будет преувеличением сказать, что наличие таких молодых зрелых специалистов, программистов: Иманов Раббим Абдумуталович, Абдижамалов Руслан Сейдуллаевич, Маткаримов Джасурбек Саиткарим угли, Раимкулов Фаррух Бахтиёр угли и Хабибуллаева Дилрабо Шамшиддин кизи – это большое достижение не только МПЗ, но и нашей страны.

В данную услугу входят Группа настройки и мастерская контрольно-измерительных приборов и автоматики.

Со дня своего создания служба АСУТП начала свою деятельность с большими целями и планами. С запуском службы МПЗ АСУТП на территории завода произошли изменения и инновации.

I. Обновлена система контроля технологического процесса цеха ДШО (мнемосхема в нормальном электрическом состоянии изменена с цифровой на цифровую, т.е. перенесена цифровизация на дисплей)

II. Обмен внутренними и внешними документами завода оцифрован примерно на 80%. При этом было использовано указанные в настройке электронные системы.

1. Система цифрового документооборота «Directum RX».

2. Компьютер «HelpDesk» и орг. прикладная система для обслуживания зданий

3. Система электронных заявок и заявок на обмен материальных ценностей «1С».

4. «Е-Талон» Заводские внутренние и внешние закупки Электронная система «ТАЛОН»

5. Электронная система ежемесячной зарплаты (Жировка) "Ойлик_бот"

6. Система электронного заказа транспортных средств «Автотранспорт и логистика».

7. Электронная прикладная система «Средства измерений и контроля» для ремонта и обслуживания средств измерений.

8. Система электронной регистрации информационно-коммуникационных технологий «Активы ИКТ».

9. Система «Цифровой Архив» для хранения документов в электронном архиве.

10. Электронная система записи детей в детский сад «Детские сады».

III. На территории завода установлено и подключено к заводской системе более 50 компьютерных устройств, около 20% заменено на новые виды современного компьютерного оборудования.

IV. Диспетчеризация, т.е. запущена SCADA-система медеплавильного завода.

V. Программа «Ёрлик» разработана и внедрена с целью создания простоты управления компьютерным оборудованием.

VI. На медеплавильном заводе модернизирована и введена в эксплуатацию система АСКУЭ, то есть контроль и учет потребляемой медеплавильным заводом электроэнергии интегрирован в единую систему.

VII. Модернизация сетей связи и комплексных систем на территории медеплавильного завода.

VII. Ведутся работы на территории медеплавильного завода и цехов по направлению проектов запуска программы системы видеонаблюдения.

Ремонтно-механический цех (РМЦ).

Ремонтно-механический цех медеплавильного завода предназначен для изготовления и ремонта деталей, узлов механизмов, оборудования, используемого для нужд завода. Функционирует с 1963 года, когда было создано предприятие. Первоначально функционировавший как участок металлургического цеха. На основании заказов, выдаваемых службой главного механика предприятия ремонтно-механический цех налаживает собственную производственную систему.

Цех оборудован 34 различными станками. Наличие необходимых станков и оборудования позволяет производить токарные, фрезерные, сварочные, кузнечные и слесарные работы при сборке узлов механизмов. Задачи возложенные на ремонтников выполняются с помощью 24 станков для резки и обработки металла, 5 подъемными кранами различной грузоподъемности – самые надежные помощники ремонтников. Приобретение и ввод в эксплуатацию станка резки листового металла способствовало увеличению производственных мощностей цеха и ассортимента продукции.

Оснащение необходимыми станками и оборудованием позволяет качественно выполнять слесарные работы по токарной, фрезерной, сварочной, кузнечной и сборке деталей механизмов на подготовительном участке цеха. В целом за счет совместной деятельности участков цеха удается ежемесячно производить в среднем 10-12 т готовой ремонтной продукции.

Специализированный ремонтно-монтажный цех (СЦРМ).

12 января 1998 года на медеплавильном заводе была организована централизованная служба на базе цеха СЦРМ по ремонту технологического оборудования, которая включает в себя бригады каменщиков-огнеупорщиков, слесарей-ремонтников, электрогазосварщиков, свинцепаяльщики, которые производят работы по ремонту технологического оборудования завода. Первым начальником цеха был Сан Афанасий Гымсекович.

В августе 1998 года в цехе организовали подразделение огнеупорщиков в количестве 39 рабочих. И цех был переименован в специализированный ремонтно-монтажный цех. С 2002 г. по 2015 года начальником СЦРМ являлся Чиглинцев Владимир Агапович, с 2015 г. и. о. начальника цеха Шадманов К.Т., с 2017 г. начальником цеха назначили Раушанова А.Н.

Специализированный ремонтно-монтажный цех является структурным подразделением МПЗ.

Задачи цеха – выполнение всех видов ремонтов основного и вспомогательного оборудования завода. Монтаж нового оборудования, разделка металлолома, ремонт зданий и сооружений цехов МПЗ и АГМК, а также участвуют в благоустройстве города, ремонте детских садов, школ.

Цех непосредственно принимал участие в строительстве и запуске цехов ЦПРМ и СКЦ № 4, Джизакского цементного завода, печи ПЖВ, ТМЗ.

Среди специалистов цеха много передовичков производства и наставников молодежи: огнеупорщики Турматов И., Борамбаев А., электрогазосварщики Султанов А., Ибокулов Г., слесарь-ремонтники Шадманов И., Байбатов Х., Ваганов Р., Сатывалдыев У., паяльщик по свинцу Пирназаров С. и многие другие.

СЦРМ вносит весомый вклад в развитие и процветание Медеплавильного завода, АГМК и города Алмалыка.

«ИННОВАЦИИ – ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК»



Хасанов А.С.,
заместитель
главного инженера по науке АО «АГМК»,
д.т.н., профессор



Бекбутаева Н.Н.,
ведущий инженер
по изобретательству
отдела по науке и инновациям
АО «АГМК»



Ташалиев Ф.У.,
ведущий инженер
по научно-технической информации
отдела по науке и инновациям
АО «АГМК»



Исакжанова М.Б.,
старший оператор
отдела по науке и инновациям
АО «АГМК»

Fan va innovatsiyalar bo'limi tarkibiy bo'linma hisoblanadi. Kombinatda ratsionalizatorlik va ixtirochilik faoliyatini tashkil etish ishlarini olib boradi, ilmiy-tadqiqot muassasalarining zavod ishlab chiqarishining texnik va texnologik muammolariga jalb etilishini ta'minlashda muvofiqlashtiruvchi hisoblanadi. Mutaxassislar o'rtasida texnik ijodkorlikni rivojlantirish, fan yutuqlarini patentlash, zamonaviy ilm-fan yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy etish ishlarini olib boradi.

Tayanch iboralar: innovatsiya, patentlash, tadqiqot ishi, ilmiy daraja, innovatsiyalarni qo'llab-quvvatlash fondi.

Отдел по науке и инновациям является структурным подразделением. Ведет работу по организации рационализаторской и изобретательской деятельности на комбинате, является координатором в обеспечении привлечения научно-исследовательских учреждений к технико-технологическим проблемам производства комбината. Осуществляет работу по развитию технического творчества среди специалистов, патентованию научных достижений, внедрению современных научных достижений в производство.

Опорные слова: рационализаторство, патентование, научно-исследовательские работы, ученая степень, фонд поддержки инновационной деятельности.

Наряду с освоением месторождения «Олий Зиё», стройкой Медной обогатительной фабрики № 3, нового металлургического комплекса и созданием обслуживающей инфраструктуры новых производств, по структурным подразделениям АО «Алмалыкский ГМК» также проводятся модернизация и усовершенствование технологических процессов. В целях усовершенствования существующей технологии, адаптации технологического оборудования к особенностям условий эксплуатации, устранении отдельных ошибок конструкторов и т.д. принимают участие не только специалисты комбината, но и ряд отечественных и зарубежных научно-исследовательских учреждений.

Отдел по науке и инновациям является молодым подразделением в структуре исполнительного аппарата АО «Алмалыкский ГМК». Отдел был создан во исполнение постановления Президента Республики Узбекистан от 15 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления АО «Алмалыкский ГМК» №ПП-3280, а также была введена должность заместителя главного инженера по науке.

На сегодняшний день отдел по науке и инновациям является важным связующим звеном в обеспечении интеграции науки в производство, координации научно-исследовательской деятельности, направленных на решение технико-технологических проблем, освоение новых видов производств и продукции, усовершенствование технологических процессов в структурных подразделениях комбината.

Так, за последние 4 года на научные разработки, созданные специалистами комбината, были получены 4 патента на изобретения и полезные модели, 6 авторских свидетельств на программы для ЭВМ, направленных на цифровизацию и автоматизацию технологических процессов.

Специалистами комбината были разработаны и запатентованы FAP 02203 «Способ получения аффинированного палладия в порошке» (авторы: Хурсанов А., Хасанов А., Умаралиев И., Усманкулов О., Аскарлов Б.), FAP 02235 «Способ получения вольфрамового концентрата из техногенных отходов» (авторы: Хурсанов А., Абдукадиров А., Хасанов А.С., Пирматов Э., Асадов И., Хасанов А., Бекбутаева Н. и др.), IAP 07484 «Способ получения нанопорошка вольфрама для добавления в твердый сплав» (Асадов И., Рузиев У., Фозилов Д., Фаттахов А., Абидов А., Каюмов А.), FAP 02313 «Способ переработки тонкой конвертерной пыли с получением металлического свинца» (авторы: Абдукадиров А., Хасанов А., Пирматов Э., Умаров Ф., Носиров У., Саидахматов А., Мирзанова З., Хаспаладов В., Худаяров С.).

Внедрение способа получения аффинированного палладия в порошке (авторы: Хурсанов А., Хасанов А., Умаралиев И., Усманкулов О., Аскарлов Б.) их отработанных электролитов цеха аффинажа золота, а также усовершенствование аффинажа палладия позволило получить новый вид продукции – палладий в порошке. АО «Алмалыкский ГМК» производит и реализует палладий в количестве 50-60 кг/год. Так, за 2023 год был произведено 71 кг палладия.

Сущность способа заключалась в том, что из отработанных электролитов аффинажа золота палладий осаждался с помощью раствора тиомочевин, образуя палладийтиомочевинный комплекс, осадок фильтровали и подвергали термическому разложению при 500-600°C. Полученный осадок восстанавливали гидразином, восстановленный палладиевый продукт промывался и сушился при температуре 100-110°C. Растворением в смеси концентрированных азотной и соляной кислот (1:3) палладий переводят в раствор. Для осаждения платины из палладиевого

раствора применяют хлористый аммоний, затем палладиевый раствор направляют на осаждение примесей использованием аммиачной воды с целью очистки раствора от вредных примесей железа, меди и никеля. Полученный фильтрацией осадок примесей направляется на хвостохранилище, а из отфильтрованного раствора раствором соляной кислоты осаждают палладий в виде нерастворимого хлорпалладозамина (ХПЗ). После фильтрации и промывки хлорпалладозамин прокаливают при температуре 800-900°C, разлагают до металлического палладия. Для полного очищения металлического порошкового палладия его обрабатывают муравьиной и лимонной кислотами. Далее тщательно промывают дистиллированной водой и сушат продукт, при этом образуется аффинированный палладиевый порошок высокой чистоты (99,94% Pd).

Особое внимание также уделяется вопросам переработки техногенных отходов. Переработка техногенных отходов с целью доизвлечения из них ценных компонентов обеспечивает комплексность использования сырья.

Специалистами АО «Алмалыкский ГМК» также была разработана технология по вовлечению в производство отходов бывшей Ингичкинской обогатительной фабрики. Способ включает переработку вольфрам содержащих лежалых хвостов Ингичкинской обогатительной фабрики комбинированным гравитационным и флотационным методами. Хвосты подвергаются отсадке с перечисткой с получением черного концентрата, затем черновой концентрат обогащают на концентрационном столе с двумя перечистными операциями, далее осуществляют доводку концентрата осуществляют флотационным методом.

Технический результат полезной модели заключается в получении вольфрамового продукта, содержащего 55,7% WO₃, с извлечением вольфрама 54,2% по WO₃.

В настоящее время, хвосты Ингичкинской вольфрамовой обогатительной фабрики не вовлекаются в производство, складированы на специальном хвостохранилище, занимают большие площади, загрязняют грунтовые воды и негативно влияют на экологическую обстановку в зоне действия перерабатывающего комплекса.

Специалисты Научно-производственного объединения по производству редких металлов и Технологического центра инновационных разработок, совместно с Отделом по науке и инновациям, запатентовали способ получения нанопорошка вольфрама для добавления в твердый сплав.

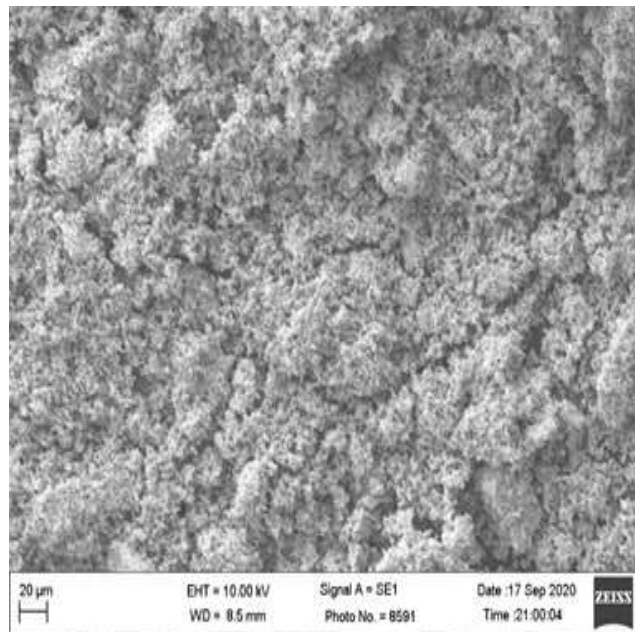


Рис. 1. Микрофотография полученного нанопорошка вольфрама



- Горное дело
- Машиностроение, механика
- Metallургия
- Обогащение руд
- Прочие
- Транспорт и логистика
- Химическая технология, аналитика

Рис. 2. Рационализаторские предложения поданные на регистрацию в разрезе отраслей промышленности в 2022 г.



Фото. Встреча с представителями KIRAM (Южная Корея) и института материаловедения Академии Наук Республики Узбекистан

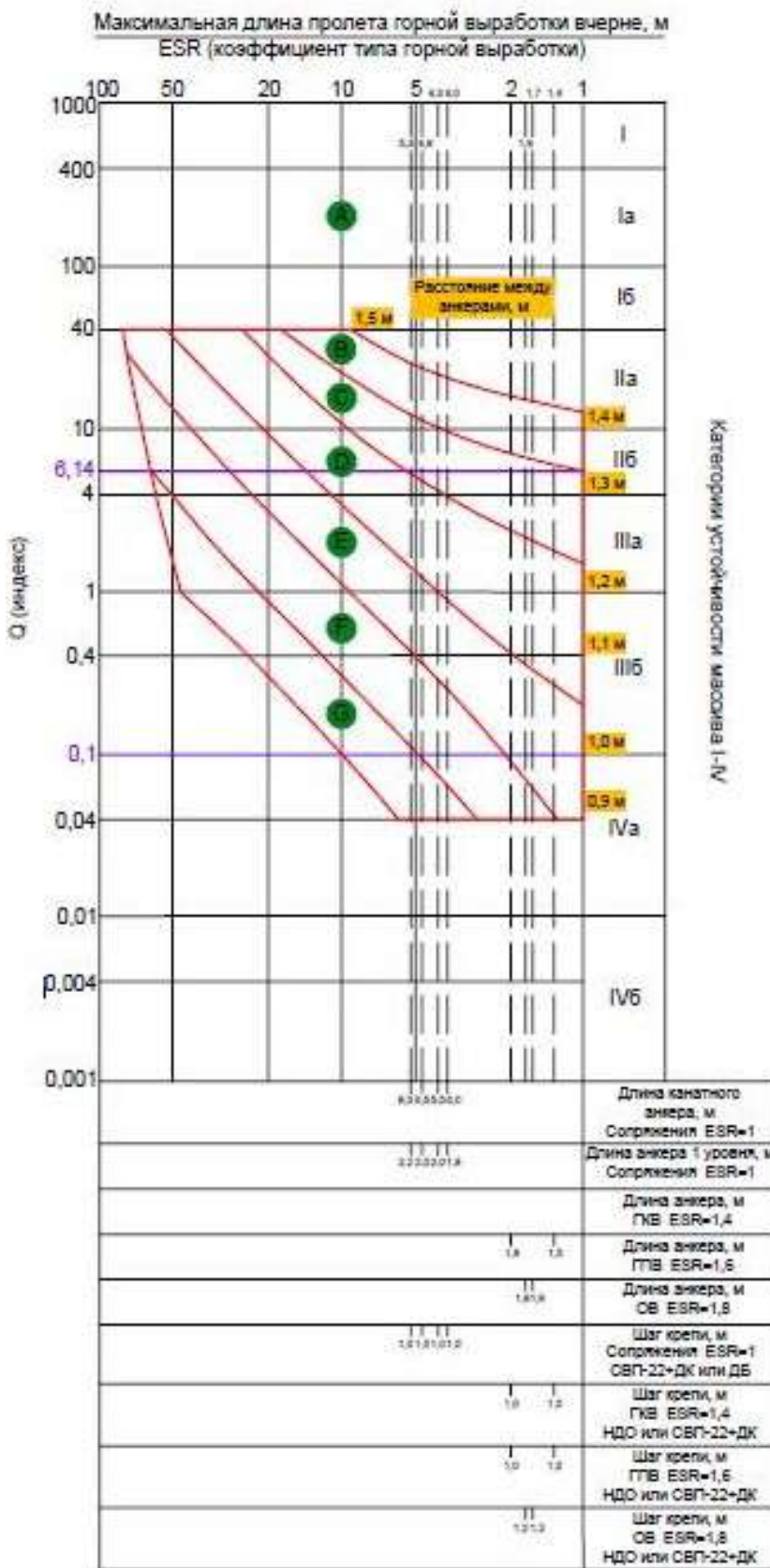


Рис. 3. Номограмма для определения рекомендуемой крепи выработок шахт Ангренского рудоуправления

Сущность изобретения заключалась в получении нанопорошка вольфрама методом карботермического восстановления технического оксида вольфрама.

Известно, что нанопорошок вольфрама может использоваться в производстве твердых сплавов, суперсплавов, режущих инструментов, антифрикционных материалов, катализаторов, проволоки, термоэмиссионного катодного материала, материала электрических контактов и вязальных сопел в космических аппаратах. Способ получения нанопорошка вольфрама это совокупность действий, направленных на получение nano частиц металлического вольфрама без применения процессов высоко энергетического измельчения и плазменного испарения. Метод получения основан на карботермическом восстановлении промышленного ангидрида вольфрама в инертной атмосфере с последующей заменой на водород.

В целях привлечения потенциала специалистов к решению производственных проблем и задач, на АО «Алмалыкский ГМК» налажена работа по рационализаторству. Для мотивации и стимулирования развития технического творчества в трудовых коллективах комбината разработана и эффективна внедрена рационализаторская деятельность, которая регулируется Положением «О рационализаторской деятельности в АО «Алмалыкский ГМК».

На материальное стимулирование авторов рационализаторских предложений выделяются средства из фонда поддержки инновационной деятельности АО «Алмалыкский ГМК».

Так, за 2022 год авторам рационализаторских предложений были выплачены авторские вознаграждения в размере 1,4 млрд. сумов. За 2023 год работниками комбината было зарегистрировано 33 рационализаторских предложений, большинство из которых были успешно внедрены в производство. За счет внедренных рационализаторских предложений был получен экономический эффект в размере 43,5 млрд. сумов.

С момента создания по 2023 год специалистами отдела были разработаны 5 Положений, направленных на урегулирование научно-исследовательской и рационализаторской деятельности по комбинату.

Во исполнение постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19 июля 2019 года № 606 «О совершенствовании системы целевой подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации», а также постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан от 24 декабря 2019 года № 1030 «О выплате доплат работникам, занимающимся научно-педагогической и трудовой деятельностью во всех государственных организациях в сфере образования и науки», отделом по науке и инновациям было разработано Положение о назначении доплат за ученую степень в АО «Алмалыкский ГМК». Данное Положение было разработано в целях мотивации специа-

листов на достижение высоких результатов в трудовой деятельности, а также для стимулирования научно-технического прогресса в структурных подразделениях АО «Алмалыкский ГМК»

На сегодняшний день в АО «Алмалыкский ГМК» трудятся 14 человек, имеющих ученую степень докторов наук DSc (2 чел.) и докторов философии PhD (12 чел.). 9 специалистов, имеющих ученую степень, защитили докторские диссертации по техническим и химическим наукам в течение последних 3-х лет.

Отдел по науке и инновациям ведет работу по привлечению потенциала научно-исследовательских учреждений как отечественных, так и зарубежных к производственным к решению проблем комбината. Так, АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» тесно сотрудничает с АО «ВНИМИ» (РФ), Гипроцветмет (РФ), НИИПИ ТОМС (РФ), Красцветмет (РФ), Sebina Technology (Южная Корея), KIRAM (Южная Корея), BGRIMM (КНР). В Узбекистане с комбинатом сотрудничают в сфере науки и инноваций институты материаловедения, ионо-плазмы и лазерных технологий, общей и неорганической химии, ядерной физики Академии Наук Республики Узбекистан, ГП «Институт минеральных ресурсов», ГУП «Фан ва таракхиёт», ООО «Композит нанотехнологияси» и т.д.

Кабинетом Министров Республики Узбекистан было принято Постановление № 24 от 12 января 2018 года «О мерах по созданию эффективных механизмов внедрения научно-инновационных разработок и технологий в производство», которое во многом определило и создало благоприятные условия для стабильного развития науки и инноваций во всех сферах экономики и народного хозяйства страны. Во исполнение данного Постановления во многих хозяйствующих субъектах были созданы фонды поддержки инновационной деятельности, средства которых формировались за счет 10%-ных отчислений от полученной чистой прибыли хозяйствующего субъекта.

Начиная с 2018 года на АО «Алмалыкский ГМК» также был сформирован фонд поддержки инновационной деятельности.

В настоящее время за счет средств фонда поддержки инновационной деятельности финансируются все научно-исследовательские работы, содержатся подведомственные научно-исследовательские лаборатории, выплачиваются авторские вознаграждения авторам рационализаторских предложений и патентов, выделяются средства на укрепление лабораторной и технической базы не только подведомственных лабораторий, но и лабораторий профильных вузов страны.

За последние годы были заключены порядка 46 договоров на выполнение научно-исследовательских работ. В результате исследовательских работ были разработаны ряд технологических регламентов на освоение новых видов продукции, нормативно-технологические документы, регулирующие производственные процессы на комбинате. Так, в процессе сотрудничества с АО «ВНИМИ» (РФ) был заключен договор на проведение научно-исследовательской работы на тему «Разработка методических рекомендаций для оценки устойчивости горных пород подземных горных выработок шахт Ангренского рудоуправления».

В рамках выполнения условий научно-исследовательской работы сотрудниками института АО «ВНИМИ» (под руководством к.т.н. П. Гречишкина) проведены следующие работы:

1. Анализ фактического состояния горных выработок шахт Ангренского рудоуправления в части устойчивости пород;
2. Оценка соответствия применяемой методики оценки устойчивости выработок реальным горно-геологическим условиям;
3. Разработка рекомендации по применению методического подхода для оценки устойчивости подземных горных выработок и критерияльных показателей устойчивости с учетом понижения горных выработок;
4. Проведение шахтных замеров элементов залегания тектонических нарушений и трещиноватости (геотехнического картирования горных выработок). Определение характерных геотехнических условий.

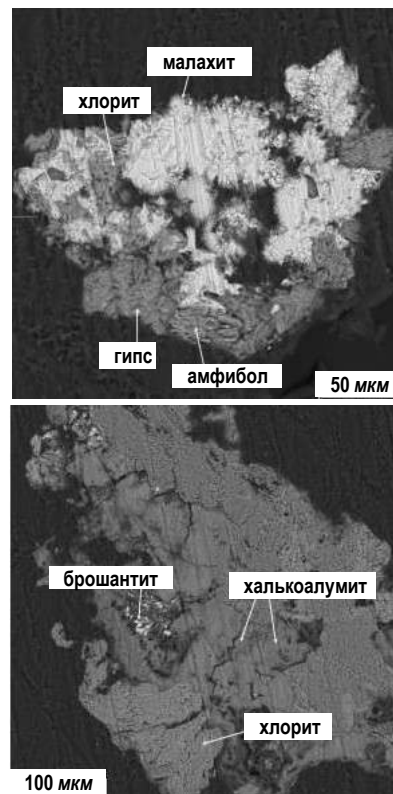


Рис. 1. Окисленные минералы меди в пробе шламовой фракции забалансовых руд месторождения «Кальмакыр»

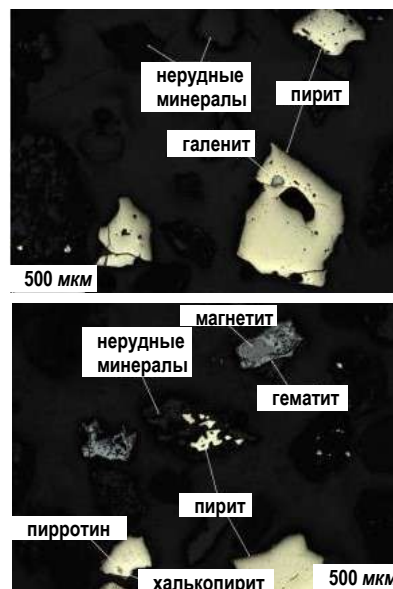


Рис. 2. Рудные минералы в пробе шламовой фракции забалансовых руд месторождения «Кальмакыр»

5. Оценка структурно-тектонических особенностей района, связанных с тектоническими движениями. Выполнение структурно-морфологического анализа (установление границ блоков).
6. Построение структурно-тектонической модели (блоково-структурной карты) рудного поля. Выявление динамического взаимодействия блоков.
7. Определение критериев устойчивости горных выработок.

Таблица 1

Сводная таблица по забалансовой руде неотмытой

Продукты	Выход	Содержание, %		Извлечение, %	
	%	Cu	Mo	Cu	Mo
Концентрат	14,05	0,84	0,0150	69,51	46,70
Хвосты	85,95	0,06	0,0028	30,49	53,30
Исходная забалансовая руда	100,00	0,17	0,0045	100,00	100,00

Таблица 2

Сводная таблица по опытам забалансовой руды

Продукты	Выход от операции	Выход	Содержание, %		Извлечение, %		Извлечение от руды, %	
	%	%	Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo
Концентрат	16,93	3,27	0,77	0,0157	58,90	64,55	16,03	11,48
Хвосты	83,07	16,03	0,11	0,0018	41,10	35,45	11,19	6,30
Шламовая фракция	100,00	19,30	0,22	0,0041	100,00	100,00	27,23	17,78
Концентрат	12,40	10,01	0,89	0,0190	77,76	51,85	56,59	42,63
Хвосты	87,60	70,69	0,04	0,0025	22,24	48,15	16,19	39,59
Песковая фракция	100,00	80,70	0,14	0,0045	100,00	100,00	72,77	82,22
Исходная забалансовая руда	100	100,00	0,16	0,0045	100,00	100,00	100,00	100,00

8. Определение устойчивости обнажений горных выработок и параметров крепления в различных горно-геологических, горно-технически и геомеханических условиях.

9. Разработка практического руководства оценки устойчивости пород подземных горных выработок.

В сотрудничестве с АО «НПО РИВС» также была проведена научно-исследовательская работа, по завершении которой специа-

листами АО «НПО РИВС» был разработан технологического регламента на переработку руды карьера «Ешлик I», шлаков Медеплавильного завода и забалансовых руд на Медной обогатительной фабрики-2.

Под руководством к.т.н. О.Ю. Поперечниковой были проведены опыты по флотационному обогащению забалансовых руд месторождения «Кальмакыр».



Фото. Фрагмент встречи представителей АО «Алмалыкский ГМК» и ОАО «БелАЗ» на ежегодной Неделе инновационных идей «INNOWEEK»



АО «НПО РИВС» провел диагностику основных минеральных фаз проб забалансовых руд рентгенофазовым методом на порошковом дифрактометре. Согласно полученных данных, основными минералами являются кварц, полевые шпаты и слюда.

Также среди породообразующих минералов отмечены карбонаты, амфиболы, хлорит, цеолиты, среди сульфидных – пирит и халькопирит.

Основным концентратом меди является халькопирит. Также встречаются вторичные минералы меди, минералы блеклых руд. Помимо медных минералов в забалансовой руде распространены пирит, оксиды и гидроксиды железа, в меньших количествах отмечены сфалерит и галенит.

Согласно данным АО «НПО РИВС», содержание меди в шламовой фракции проб забалансовых руд месторождения «Кальмакыр» составляет 0,22%. Данные фазового анализа свидетельствуют о нахождении 35,0% отн. меди в форме окисленных минералов, 65,0% отн. меди представлено первичными сульфидами (рис. 1, 2).

В АО «НПО РИВС» флотационные исследования забалансовой руды проводили в открытом цикле с применением реагентов Сq 4000, Аеро 8860, ББК-10, МИБК, Оксаль Е-92. Результаты испытаний представлены в табл. 1, 2.

Финансирование договоров научно-исследовательских работ производится за счет средств фонда поддержки инновационной деятельности АО «Алмалыкский ГМК».

Ежегодно отделом по науке и инновациям формируется портфель проблемных вопросов производств комбината. Сборник проблемных вопросов публикуется на официальном веб-сайте комбината.

АО «Алмалыкский ГМК» также является официальным спонсором ежегодной Недели инновационных идей «INNOWEEK», проводимой Министерством высшего образования, науки и инноваций в г. Ташкент. В ходе участия комбината на Неделе заключаются соглашения о сотрудничестве и взаимопонимании с иностранными компаниями, научно-исследовательскими и образовательными учреждениями. АО «Алмалыкский ГМК», являясь одним из крупных предприятий Центральной Азии стоит на пороге великих достижений.

Освоение одного из самых крупных месторождений меди в мире, запуск производства катодной меди объемом 500 тыс. т в год, увеличение объема производства попутных благородных, редких и тяжелых цветных металлов требует полной коллаборации науки и современных достижений техники и технологий. Именно на этом поприще и будут строиться планы и перспективы отдела по науке и инновациям Исполнительного аппарата АО «Алмалыкский ГМК».

Библиографический список:

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 15 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления АО «Алмалыкский ГМК» №ПП-3280.
2. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 24 декабря 2019 года №1030 «О выплате доплат работникам, занимающимся научно-педагогической и трудовой деятельностью во всех государственных организациях в сфере образования и науки».
3. Материалы патента на полезную модель FAP 02203 «Способ получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов аффинажа золота».
4. Материалы патента на полезную модель FAP 02235 «Способ получения вольфрамового концентрата из техногенных отходов».
5. Материалы патента на изобретение IAP 07484 «Способ получения нанопорошка вольфрама для добавления в твердый сплав».
6. АО «ВНИМИ». Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка методических рекомендаций для оценки устойчивости пород подземных горных выработок шахт Ангренского рудоуправления». Заключительный этап, 4. Санкт-Петербург, 2023 г.
7. АО «НПО РИВС». Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологического регламента на переработку руды карьера «Ешлик I», шлаков МПЗ и забалансовых руд на МОФ-2. Санкт-Петербург, 2022 г.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



NMZ
ИЗВЕСТНО ЗДЕШНИМ И МИРУ

Государственное предприятие 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

ИСТОРИЧЕСКАЯ ХРОНИКА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАУЛЬДЫ АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК»



Ларионов С.В.,
заместитель председателя
правления – главный инженер
АО «АГМК»



Халбугаев Ш.П.,
директор рудника Каульды
АО «АГМК»

Olmaliq hududi ma'danli joy sifatida qadimdan ma'lum bo'lib, milodiy 9-12-asrlarga oid ko'plab qadimiy ishlanmalar va qadimiy tog'-kon qurollari topilmalari shundan dalolat beradi. qazib olingan va qayta ishlangan mis, qo'rg'oshin va oltin rudalari, shuningdek, bezak va qimmatbaho toshlar qazib olindi. Biroq Olmaliq viloyati haqidagi dastlabki geologik ma'lumotlar 70-80 yillarga to'g'ri keladi. o'tgan asr. Ular O'rta Osiyoning birinchi tadqiqotchilari I.V. Mushketov, G.D. Romanovskiy, N.A. Severtsov, V.N. Weber. Uzoq vaqt davomida bu ishlar hududni geologik tadqiq qilish bilan cheklandi.

Tayanch iboralar: золоторудные месторождения, рудник, техническое обеспечение.

Алмалыкский район, в качестве рудоносного места, известен с древнейших времен, о чем свидетельствуют многочисленные находки древних выработок и орудий древнего горного промысла, относимые к IX – XII в.н.э., которые доказывают, что в те далекие времена здесь добывались и перерабатывались медные, свинцовые и золотые руды, а также добывались поделочные и драгоценные камни. Однако, первые геологические сведения об Алмалыкском районе, относятся к 70-80 в.э. прошлого столетия. Они принадлежат первым исследователям Средней Азии И.В. Мушкетову, Г.Д. Романовскому, Н.А. Северцову, В.Н. Веберу. Этими работами на долгое время ограничили геологические исследования района.

Опорные слова: oltin konlari, kon, texnik ta'minlash.

В результате производства поисковых и геологосъемочных работ на территории Алмалыкского района выявлено большое количество рудопроявлений меди, полиметаллов, золота, глиноземного и флюсового сырья.

Начало изучения золотоносности Алмалыкского района можно считать с 1959 года, времени, когда в составе Алмалыкской ГРЭ был организован специализированный Актурпакский отряд, занимавшийся изучением золоторудных проявлений.

В 1959 году начата оценка золотоносности кварцево-сульфидных жил на Актурпакском месторождении. В этом году со стороны Е.Б. Ачкасовой и И.И. Дабижа отмечена повышенная золотонос-

ность кварцевой жилы на рудопроявлении Каульды. Проведение геологоразведочных работ, оценка месторождения Каульды и выдвигание его под разведку осуществлено благодаря оптимизму и энтузиазму геологов И.И. Дабижа, Е.З. Мещанинова, Л.В. Гончарова, которые по сути являются первооткрывателями первого промышленного золоторудного месторождения в Алмалыкском районе.

Лишь в результате поисково-оценочных работ, проведенных в 1965-1966 гг. (И.И. Дабижа, Е.З. Мещанинов, Л.В. Гончаров) впервые было установлено промышленное рудное тело, не выходящее на поверхность и достоверно: на основе материалов колонкового бурения, установлены перспективы месторождения, что



Фото. Директора Медеплавильного завода в разные года

позволило с 1968 года перейти к предварительной, а с 1969 года и к детальной разведке месторождения и передать объект для промышленного освоения (Дабижа И.И. 1968-69 гг., Мещанинов Е.З. 1965-66 гг.).

Разведанный участок месторождения Каульды был назван «Централь-ным».

В 1971 году при проведении детальных глубинных поисков на южном фланге месторождений, в 800 м от основных рудных тел, было выявлено новое скрытое рудное тело с кондиционным содержанием золота. Новый участок был назван «Южный Каульды».

На участке «Южный Каульды» поисково-оценочные работы выполнены в 1972-1974 гг. (Мещанинов Е.З. 1976 г.).



Разведка участка «Южный Каульды» начата в 1978 году. Предварительная и детальная разведка проведена в 1978-1982 гг.

Центральный участок месторождений обрабатывается с 1974 г., а за счёт прироста запасов по настоящее время.

Строительство рудника велось одновременно с разведочными работами с 1974 года по 1977 год.

Рудник Каульды сдан в эксплуатацию 27 декабря 1977 года. Основной деятельностью рудника является добыча золотосодержащей кварцевой руды, которая отгружается на медеплавильный завод и используется в качестве флюсов на металлургическом переделе.

Рудник Каульды состоит из основных 5 участков: подземного участка, подземного участка поддержания горных выработок и вентиляции, участка рудоподготовки, участка шахтной поверхности, ремонтно-строительного участка.

Подземный участок рудника осуществляет добычу руды и проходку горно-подготовительных выработок.

Участок поддержания выработок и вентиляции ведет работы по креплению очистных и горнопроходческих выработках деревянным, металлическим и комбинированными видами крепления, а также ведет постоянный контроль за качеством вентиляции и подачи свежего воздуха в забои шахты.

Кроме этого занимается приготовлением и заполнением очистных блоков закладочной бетонной смесью.

Участок рудоподготовки находится на расстоянии 19 километров от шахты рудника. Основными работами данного участка является прием, переработка и сортировка на I - II классы и отгрузка руды на металлургический передел.

Участок шахтной поверхности выполняет все основные и вспомогательные работы на шахтной поверхности рудника.

Основной задачей участка является дробление пустой породы и выпуск песка для закладочных работ, осуществляемых в шахте.

Ремонтно-строительный участок осуществляет ремонтные и строительные работы цехов рудника.

Строительство участка «Южный Каульды» началось с 1992 г.

На участке «Южный Каульды» ведутся, подготовительно-нарезные и очистные работы.

По итогам подсчета запасов проведенного совместно с Институтом минеральных ресурсов ожидается увеличить промышленные запасы рудника.

За период, с начала строительства и эксплуатации рудника Каульды первыми руководителями проработало целый ряд горных специалистов, под руководством которых велось капитальное строительство на руднике и были пущены в эксплуатацию многие значительные по объёму необходимые объекты капитального строительства:

За годы руководства вышеперечисленными специалистами на руднике построены:

«Подстанция 35/6 квт рудника Каульды», «Реконструкция автодороги рудника Каульды», «Цементный склад», «ЦПП и Насосная «Вскрытие и отработка нижних горизонтов рудника Каульды», «Реконструкция вентиляции рудника Каульды (ВОД-21)», «Вскрытие и отработка запасов участка – «Южный» – I этап».

Произведены капитальные ремонты АБК рудника, помещений химлаборатории, СТК, АБК и других вспомогательных помещений участка рудоподготовки, возведено капитальное ограждение по периметру УРП.

В 2006 году были построены и пущены в эксплуатацию: новый закладочный комплекс и комплекс мелкого дробления с конусной дробилкой КМД-1200 и начиная с этого года рудник поставляет на металлургический передел медеплавильного завода комбината флюсовую руду I класса.

В 2007 году построена гелиоустановка, позволяющая экономить электроэнергию.



Фото. «Гелиоустановки для подогрева воды на хозяйственные нужды рудника»



Фото. «Работники участка горно-капитальных работ рудника «Каульды» возвращаются из очередной вахты месторождения «Хандиза»



Фото. Сбойка конвейерного тоннеля на МОФ-2 для осуществления проекта по Вовлечению в отработку забалансовых отвальных руд месторождения «Кальмакир»

С ноября 2007 года по заданию руководства комбината рудником организован участок по производству горнокапитальных работ на месторождении «Хандиза» проходческие работы велись вахтовым методом с участием специалистов и рабочих рудника по июль 2013 года. В 2008 году увеличена мощность гелиоустановки.

Построены: пристройка к АБК – расширение гардеробной, боксы для подземной самоходной техники.

С 2011 года началась строительства дробилки на УШП по выпуску песка для закладочных работ из отвалов пустой породы и



Фото. Производство крепежных работ тоннеля на МОФ-2



Фото. Погрузочно-доставочная машина LH-307 компании Sandvik



Фото. Эксплуатация погрузочно-доставочной машины ST-7 компании Atlas Copco в условиях шахты

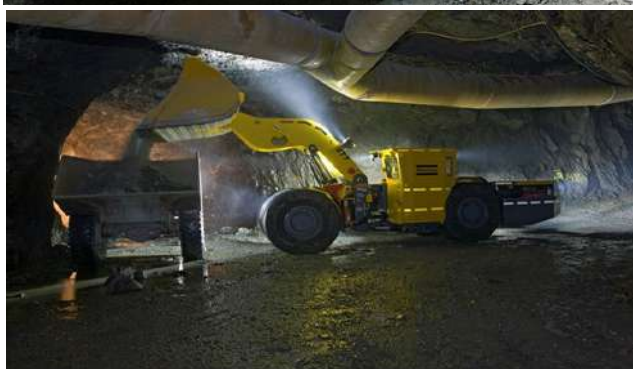


Фото. Подземная самоходная машина для перевозки людей SWT-101L доставляет работников шахты на рабочие места



Фото. Экспериментальные образцы самоходной горношахтной техники (подземные автосамосвалы типа МоА3 65010 и погрузочно-доставочная машина МоА3 4035 концерна БелАЗ

была пушено в эксплуатацию в январе 2012 года. В 2012 году введена в эксплуатацию подземный пункт по ремонту и обслуживанию горной техники.

В январе 2014 года на руднике открыт новый участок горно-капитальных работ.

Данным участком на сегодняшний день были произведены и ведутся работы по проходке горно-капитальных работ на участке «Южный», а также согласно задания руководства комбината с ноября 2015 по март 2016 года во исполнении Постановления Президента Республики Узбекистан № ПП-2400 от 29.08.2015 года О



Фото. Строительство площадки для новостроящегося МОФ-3



Фото. Производство буровых и взрывных работ

мерах по реализации инвестиционного проекта «Вовлечение в отработку забалансовых отвальных руд месторождения «Кальмакир» осуществлена проходка конвейерного тоннеля и сдана в установленные сроки.

Следует отметить, что начиная с 80-х годов прошлого столетия на руднике постоянно, впервые в Союзе и в республике, внедрялись высокопроизводительные комплексы самоходной техники: погрузо-доставочные машины типа ЛФ, ТОРО, КАВАСАКИ, ЛК, самоходные буровые установки типа ТАМРОК, БУМЕР и подземные автосамосвалы МоАЗ.

Техническое обновление рудника Каульды.

За последние годы для стабилизации работы и выполнения прогнозных показателей рудника обновлены и пополнены ряды устаревшей техники новой современной высокопроизводительной зарубежной техникой и другими оборудованиями.

Модернизирована система отработки по рудному телу № 2 блока IV-C₁ апофиза что дало значительный экономический эффект и увеличение производительности труда в процессе отработки запасов которые упростили и значительно облегчили трудоёмкие процессы и труд шахтеров.

За последние годы на рудник было поставлена следующая горношахтная спец техника:

Погрузочно доставочные машины: ST – 7 (Шведской компании Atlas Copco), МоАЗ-4035 (экспериментальные образцы концерна БелАЗ Белоруссия), LH-307 (Шведской компании Sandvik). Подземные автосамосвалы: МТ – 2010 (Шведской компании Atlas Copco), МоАЗ-65010 (экспериментальные образцы концерна БелАЗ Белоруссия).

А также вспомогательная спецтехника компании FADROMA автовышка SWR-07, подземный топливозаправщик SWT-101P, подземная самоходная машина для перевозки людей SWT-101L.

Приобретенное основное и вспомогательное оборудование:

- насосные установки: типа DOP 15N компании Atlas Copco, ЦНС-180/297;
- комплект шахтной оперативной радиосвязи Весна Ш-1;
- компрессорная установка для подачи сжатого воздуха в шахту воздушным охлаждением китайской компании DENAIR: DU-40;
- конденсаторная установка, предназначенная для уменьшения расхода реактивной энергии мощностью Qn- 300кВА: типа УКЛ-57-6,3-300-У1.



Фото. Здание АБК рудника Каульды и раскомандировка

Были построены и сданы в дальнейшую эксплуатацию следующие объекты:

- строительство объекта «Вскрытие и отработка запасов участка Южный» - I и II этапы;
- закончены работы по строительству объекта «Вскрытие и отработка запасов участка Южный» - I и II этапы, а также строительства ГВУ AMRBC-2400 для подачи свежего воздуха в шахту и проветривания горных выработок;
- проходка тоннеля на территории МОФ-2 по проекту «Вовлечения в отработку забалансовых отвальных руд месторождения Кальмакир», МОФ-2;
- строительство объекта «Комплекса гидротехнических соору-

жений для отвода воды с южного борта карьера «Кальмакир», РУ Кальмакир.

- строительство площадки для новостроящегося объекта МОФ-3 путём буро-взрывных работ, работы на объекте выполнены согласно установленных сроков.

По социальным направлениям: В целях создания благоприятных условий работникам рудника произведены капитальные ремонты душевых и раздевалок, имеющихся на руднике, а также производились ремонты раскомандировок и других производственных и служебных помещений рудника.

Для профилактики заболеваний дыхательных путей работников построена солевая комната и ингаляторный кабинет.

МЕДНАЯ ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА – ВАЖНОЕ ЗВЕНО В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИ



Сидиков Р.М.,
директор
Медной обогатительной фабрики
АО «АГМК»



Ахмадалиев А.М.,
главный инженер
Медной обогатительной фабрики
АО «АГМК»

Maqolada «Olmaliq KMK» AJ mis boyitish zavodi faoliyati haqida qisqacha ma'lumot berilgan: rivojlanish bosqichlari, ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish va mis konsentratiga mis olish samaradorligini oshirish chora-tadbirlari.

Tayanch iboralar: ruda, mis konsentrat, tegirmon, quyuglashtiruvchi moddalar, filtrlash, flotatsiya, rekonstruksiya, maydalash va qayta ishlash majmuasi.

В статье приведен краткий обзор деятельности медной обогатительной фабрики АО «Алмалыкский ГМК»: этапы развития, мероприятия по модернизации производства и повышение эффективности извлечения меди в медный концентрат.

Опорные слова: руда, медный концентрат, мельница, сгустители, фильтрация, флотация, реконструкция, дробильно-обогатительный комплекс.

Медная обогатительная фабрика входит в состав Алмалыкского горно-металлургического комбината и является основным звеном переработке медно-молибденовых руд. В 1958 г. институтом «Механобр» был разработан технический проект фабрики, уже в июне 1961 г. сдана в эксплуатацию первая секция медной обогатительной фабрики. Первые четыре секции последовательно вводились в эксплуатацию с 1961 по 1962 гг., секция № 5 была введена в апреле 1970 г., секции 6-9 задействованы в эксплуатацию соответственно с 1965 по 1967 гг.

В 70-е годы началась реконструкция фабрики и её техническое перевооружение с одновременным увеличением мощности по переработке руд. Реконструкция велась согласно проекту института «Механобр» и уже в 1973-1974 г. была закончена реконструкция первых четырёх секций.

Проектная мощность по переработке руды на каждой из пяти секций была определена в 3,7 млн т руды в год. Реконструкция 6-9 секций проводилась с 1980 по 1983 гг., проектная мощность каждой из них составляла 3,7 млн т руды в год.

В 1986-1988 гг. по проекту института «Механобр» в промышленную эксплуатацию были введены дополнительно две с половиной секции в составе нового дробильно-обогатительного комплекса для переработки сульфидных и окисленных руд с проектной годовой мощностью 8,8 млн т сульфидных руд и 1 млн т/год окисленных

руд. Однако, в связи с прекращением строительства технологического комплекса по переработке и обогащению окисленных руд, полусекция измельчения в составе двух мельниц была переведена на переработку сульфидных руд.

После реконструкции, с 1992 по 2010 гг. последовательно вводились в промышленную эксплуатацию моносекции, каждая из которых объединяла в себе по несколько секций, при этом параллельно проводилось техническое перевооружение флотационного отделения с заменой устаревших флотомашин на новые более объёмные флотомшины.



Фото 1. Корпус среднего и мелкого дробления. Средние дробилки



Фото 2. Цех измельчения и флотации. 7-ая моносекция



Фото 3. Участок пресс-фильтра. Башенные пресс-фильтры LAROX



Фото 4. Цех селекции и сушки медно-молибденового концентрата. Новый высокоскоростной сгуститель

В целях дальнейшего наращивания объёмов производства и снижения затрат на фабрике осуществлено реализация проекта «Реконструкция отделений дробления и измельчения МОФ». В декабре 2016 года на участке дробления и измельчения цеха измельчения и флотации введены в эксплуатацию щековая крупная дробилка ШДП 15x21, мельница мокрого полусамоизмельчения ММПС-9500x5400 и две шаровые мельницы с центральной разгрузкой МШЦ-5800x8100. Также, эксплуатация новых мельниц МШЦ-4,5x6 в количестве 2 шт. на дробильно-обогательном комплексе № 2 позволило увеличить объём перерабатываемой медной руды. В соответствии с Постановлением Президента Республики Узбекистан от 30.09.2018 года № ПП-3954 «О мерах по реконструкции и стабилизации производственных мощностей АО «Алмалык-ский горно-металлургический комбинат» и программе первоочередных мер по реконструкции и стабилизации основных производственных мощностей, были утверждены мероприятия. На основании которых разрабатывается проект «Реконструкция МОФ». Перечень мероприятий по реконструкции МОФ делится на два связанных между собой направления:

- разработка и внедрение технологической схемы обогащательной фабрики, позволяющей повысить качественно-количественные показатели переработки руды на предприятии;
- замена старого физически изношенного и морально устаревшего оборудования отделений дробления, измельчения, обогащения, сгущения и фильтрации.

Кроме того, в процессе реконструкции будет обновлено оборудование и сети электроснабжения, водоснабжения, а также технологические трубопроводы и др. Реализация мероприятий, предусмотренных в проекте, позволит уменьшить эксплуатационные затраты, повысить коэффициент использования оборудования и улучшить технологические показатели работы фабрики, в том числе извлечение меди из руды составит не менее 85%, золота 63-65% против существующих 78% и 59% соответственно.

В полном объёме завершены мероприятия по замене устаревших дробилок и грохотов современными высокопроизводительными: в дробильном цехе № 1 в количестве 6 средних конусных и 12 мелких дробилок, в дробильно-обогательном комплексе № 2 в количестве 2 мелких дробилок, благодаря чему достигается необходимый класс крупности +10 мм в питании мельниц, это в свою очередь, сказывается на улучшении тонины помола. Установка новых воздуховодов в дробильных отделениях, позволила снизить запыленность и риск профессиональных заболеваний.

Эксплуатация новых мельниц МШР-1Б, МШЦ-1А в цехе измельчения и флотации позволило увеличить объём перерабатываемой руды. Также, запуск современных автоматизированных насосно-гидроциклонных установок в процессе доизмельчения концентрата в количестве 15 комплектов даёт возможность достичь более тонкий класс крупности в доизмельченном концентрате. Кроме установки нового оборудования восстанавливается имеющееся спиральные классификаторы, аэрационные узлы флотационного отде-



Фото. Кольцевой водоприёмный коллектор № 4 (KBK-4)

ления фабрики. Также, производятся секционные ремонты в цехе измельчения и флотации, в котором осуществляется перефутеровка мельниц, замена насосов и ремонт флотомашин на флотационной нитке.

Установка и запуск современных башенных пресс-фильтров «Лагох» в количестве 3 шт. и высокоскоростных сгустителей № 15, 16 способствовала снижению эксплуатационных затрат за счет сокращения количества некоторых используемых оборудования в фильтровальной-сушильном отделении цеха селекции и сушилки медно-молибденового концентрата.

В данное время осуществляется монтаж новых высокоскоростных сгустителей № 13, 14, после запуска этих сгустителей значительно уменьшится количества используемых оборудования в фильтровальной-сушильном отделении и существенно снизятся эксплуатационные затраты

Увеличением объемов переработки руды и потребности оборотной воды обогатительными фабриками, был построен новый кольцевой водоприёмный коллектор № 4 для стабилизации работы хвостохранилищ, которая имеет большое значение в технологическом процессе нашего предприятия.

Строительство новой 7-ой моносекции и расширения существующей 5-ой моносекции с установкой больше объёмных автоматизированных флотационных машин ФПМ-50, ФПМ-20, ФПМ-10

даёт возможность увеличению времени флотации. Также, намечается реконструкция флотационного отделения 1-ой и 2-ой моносекции с объединения на одну моносекцию, с установкой больше объёмных автоматизированных флотационных машин ФПМ-50, ФПМ-20 способствует достичь времени флотации на 27 мин и улучшится качество концентрата.

Благодаря первоначальных ремонтно-восстановительных работ основного технологического оборудования цехов медной обогатительной фабрики в период 2018-2020 гг. извлечение меди поднялся с 74,7 до 83%, а после запуск новых 5,7-моносекций извлечение меди в концентрат достигнуто 85%.

На фабрике последние годы были капитально отремонтированы 4 столовых с вместимостью одновременно 550 работников, 5 душевых, более 15 расскомандировок и слесарок. Благодаря этого улучшился санитарно-гигиенические условия для работников.

Перед коллективом МОФ поставлены амбициозные цели по проведению реконструкции фабрики в условиях действующего производства и освоение современных мировых практик по внедрению передового обогатительного оборудования, оснащенного высоким уровнем автоматизации. Что в итоге позволит максимально эффективно вести отработку одного из крупнейших медно-порфиновых месторождений в мире на высоком уровне и с минимальными операционными затратами.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВ КАРЬЕРА ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ НОРМАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИИ БОРТА



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



Ишанходжаев З.К.,
директор Дирекции по строительству
горнотранспортного комплекса
и объектов инфраструктуры АО «АГМК»



Назаров А.З.,
ассистент кафедры
«Горное дело» НГГТУ

Ushbu maqolada Roc Science Slide tijoratlashtirilgan litsenziyaga ega bo'lgan dasturiy majmua yordamida Pistali konidagi karyer bortlari turg'unligi bo'yicha hisob-kitoblarni natijalari keltirilgan. Roc Science Slide dasturiy mahsuloti tekis sharoitda chegaraviy muvozanat usulidan foydalangan holda yumshoq tuproqlarida va qoyalig' tog' jinslari massivida hosil qilingan sun'iy qiyalik hamda karyer bortlarining turg'unligini baholash muammolari yechimini topish uchun yaxlit kompleks hisoblanadi.

Tayanch iboralar: bort, pog'ona, qiyaliklarning turg'unligini baholash, bir jinsli geologik tuzilma, turli muhandis-geologik va gidrogeologik sharoitlar, to'rtlamchi davr delyuvial-prolyuvial yotqiziqlari, suglinkalar va qum-shag'al materiallari, kritik siljish yuzasi, Slide dasturi yordamida qiyaliklarning hisoblash modelini qurish, Spenser usuli, Moor-Kulon mezonni, turg'unlikning zahira koeffitsienti, Kulon-Moor va Huk-Braun mustahkamlik mezonlari bo'yicha tog' jinslarining fizik-mexanik xususiyatlarini asoslash.

В данной работе представлены результаты расчетов устойчивости бортов карьера месторождения Пистали с использованием коммерческий лицензированный программный комплекс Roc Science Slide. Программный продукт Roc Science Slide представляет собой интегрированный комплекс для решения задач по оценке устойчивости искусственных откосов и бортов карьеров, как в слабых грунтах, так и в скальных массивах, методом предельного равновесия в плоской постановке.

Опорные слова: bort, ustup, otkosa, neodnorodnye geologicheskie stroeniye, geologicheskie i gidrogeologicheskiy usloviya, suglinki, peschano-щebnistogravийные материалы, поверхность скольжения, метод Спенсера, критерия Мора-Кулона, коэффициент запаса устойчивости.

Применение программного комплекса Roc Science Slide для методики расчета проектных параметров бортов карьера для установления нормативной устойчивости конструкции борта позволяет выполнять оценку устойчивости откосов с неоднородным геологическим строением, различными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями.

Критическая поверхность скольжения может представлять собой как кругло-цилиндрическую, так и сложную ломаную поверхность, проходящую по слабому контакту. Для установления местоположения поверхности скольжения, соответствующей состоянию предельного равновесия откоса, в программе применяется метод последовательных приближений путем проведения многократных поверочных расчетов.

Построение расчетной модели в программе Slide в следующей последовательности:

- создание геометрии откоса сооружения;
- построение расчетной модели инженерно-геологического строения массива;
- задание свойств расчетной среды (сцепление, угол внутреннего трения и плотность);
- задание уровня воды в откосе;
- назначение критерия разрушения пород и метода решения задачи;
- выполнение расчета устойчивости.

Для расчетов устойчивости скальных и грунтовых откосов используется метод Спенсера 2 лит, являющейся наиболее точным

среди методов предельного равновесия. Это один из наиболее теоретически обоснованных методов, поскольку в его основе лежит как условия равенства сил, так и равенство моментов, действующих на каждый из отсеков. Метод может применяться как к круглым, так и к некруглым поверхностям скольжения.

В отличие от многих других методов предельного равновесия, в методе Спенсера учитываются нормальные и касательные силы реакций между блоками путем введения эквивалентной равнодействующей силы Q , которая действует в средней точке основания блока.

Предположение, сделанное Спенсером, состоит в том, что наклон равнодействующих сил постоянен и равен θ градусов. Схематическая иллюстрация сил, действующих на блок, приведена на рис. 1.

Левая сторона: а) вес грунта над поверхностью разрушения (W), б) межблочные реакции от соседних блоков X_{i-1} , X_{i+1} , V_{i-1} , V_{i+1} , в) реакция устойчивого грунта, которая состоит из нормальной эффективной (N) и касательной составляющей (T) и g взвешивающей силы воды (U).

Правая сторона: предположение метода Спенсера, в котором силы между блоками X_{i-1} , X_{i+1} , V_{i-1} , V_{i+1} заменяются одной силой Q , действующей в средней точке основания блока (т. М).

Допущения, сделанные в методе Спенсера относительно межблочных сил, устанавливают более сложную систему уравнений, которую необходимо решить, чтобы получить FoS поверхности разрушения.

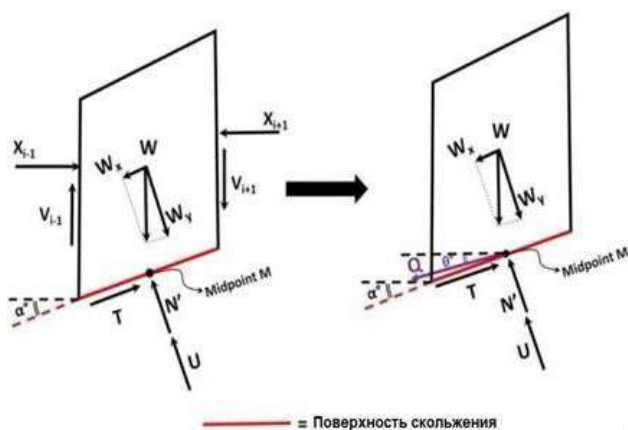


Рис. 1. Силы, действующие на *i*-ый блок

Во-первых, два равновесие сил для каждого блока (параллельного и перпендикулярного поверхности разрушения) дают следующие уравнения:

$$\sum F_x = 0 \Leftrightarrow T_i - Q_i \cos(\alpha_i - Q^*) - W_i \sin(\alpha_i) = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow N_i + U_i + Q_i \sin(\alpha_i - Q^*) - W_i \cos(\alpha_i) = 0, \quad (2)$$

Использование критерия Мора-Кулона в отношении прочности пород на сдвиг дает:

$$T_{ULT} = c_i \cdot L_i + N_i' \tan(\varphi_i), \quad (3)$$

где T_{ULT} – общая сдвиговая прочность массива;

c – сцепление;

L – длина основания блока;

φ – угол внутреннего трения грунта.

Коэффициент запаса устойчивости (FoS) вводится в общую сдвиговую прочность и таким образом касательная составляющая силы, удерживающей блок T , составляет:

$$T_i = \frac{T_{ULT}}{FoS} \Leftrightarrow FoS = \frac{T_{ULT}}{T_i}, \quad (4)$$

Далее путем решения уравнений (1) – (4) с неизвестными параметрами θ и FoS строятся графики, отражающие равновесие сил и моментов (рис. 2).

Точка пересечения этих графиков отражает полное равновесие системы, и значение соответствует реальному коэффициенту запаса устойчивости откоса. Нормативный коэффициент запаса устойчивости принимается из условия коэффициента запаса устойчивости k_p представляющий собой отношение суммы всех удерживающих откос сил к сумме всех сдвигающих сил:

$$k_n = \frac{tg \varphi \sum N + \sum CL + A}{\sum T_{сдв} + B}, \quad (5)$$

Согласно [1] для расчетов устойчивости бортов и уступов в зависимости от условий эксплуатации карьера или разреза, технологии его разработки и геологических условий приняты соответствующие коэффициенты запаса устойчивости согласно табл.1., в которой k_p приведены без изменения из табл. 1. «Правил обеспечения устойчивости ...» [1]. Согласно [1] для расчетов устойчивости бортов и уступов карьера, расчетный коэффициент запаса должен быть не менее значений, приведенных в табл. 1.

Таким образом, из табл. 1 следует, нормативный коэффициент запаса устойчивости k_p составляет $k_p = 1,3$. Принятый нормативный КЗУ не противоречит зарубежным нормам «Руководство по проектированию бортов карьера», под редакцией: Джон Рид...[4].

Для точности расчетов устойчивости, параметров бортов карье-

ра необходимо обоснование физико-механических характеристик пород по критериям прочности Кулона-Мора и Хука-Брауна.

По критерию прочности Кулона-Мора классическое условие сопротивления сдвигу (закон трения Кулона) принимается в виде уравнения:

$$s = c + (\sigma_n - u) \tan \varphi, \quad (6)$$

В качестве параметров прочности выступает сцепление c и угол внутреннего трения φ .

По данным геологического изучения [6] коренной массив представлен в основном сланцами различного состава (SL), металавролитами и метасоматитами (Al, MET), а также дайками диорита и порфира (DR). С поверхности большая часть площади месторождения перекрыта четвертичными делювиально-пролювиальными отложениями (суглинки, песчано-щебнисто-гравийный материал). Мощность четвертичных отложений, колеблется от нескольких метров в южной части месторождения до 10-40 м в Северной.

Лабораторное изучение физико-механических свойств пород СФ ВНИМИ, позволило выделить объединенные группы литотипов. Среднее значения их физико-механических свойств приведены в табл. 2.

Сцепление трещиноватого горного массива (См) существенно отличается от сцепления пород в образце (С0). Переход от сцепле-

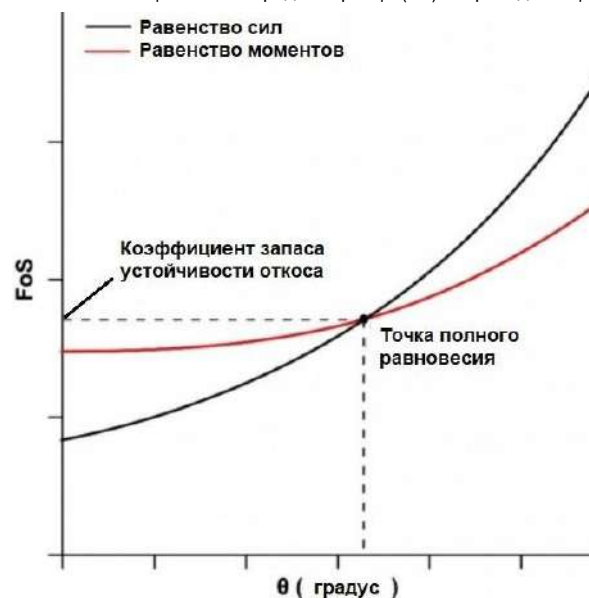


Рис. 2. Определение FoS и θ для метода Спенсера посредством пересечения кривых

ния в образце (С0) к сцеплению в массиве (См) может быть осуществлен с помощью выражения (1) прил. 7. ФНП [1]:

$$C_M = \frac{C_0 - C'}{1 + a \cdot \ln \frac{H}{l}}, \quad (7)$$

где: C_0 – сцепление в образце;

C' – сцепление по контактам, определяемое результатам лабораторных или натуральных испытаний, обратных расчетов;

H – высота приборного массива;

l – средний размер элементарного структурного блока массива, ограниченного трещинами;

a – коэффициент, зависящий от прочности породы в монолитном образце и степени и характера трещиноватости. Коэффициент (а) принимается по табл. 2 прил. 7 ФНП [1].

Ввиду высокой неоднородности структурного строения месторождения расчет сцепления в массиве необходимо проводить для каждого домена (расчетного сечения) в отдельности. С этой целью



Таблица 1

Расчётный нормативный коэффициент запаса устойчивости

Характеристика откоса	Стадии до начала эксплуатации	Эксплуатация и техническое перевооружение	Проектирование доработки карьера (менее 3 лет), лет	Для ответственных сооружений в чаше карьера	При безлюдной выемке
1	2	3	4	5	6
Полускальные и скальные породы					
Уступ*	1,50 (2,00)	1,50	1,30	2,00	1,20
Участок борта, борт	1,30 (1,50)	1,30	1,20	1,50	1,20
Песчаные и гравелистые породы					
Уступ, участок борта, борт	1,30	1,20	1,15	1,30	1,10
Глинистые породы					
Уступ	1,50	1,30	1,20	2,00	1,20
Участок борта, борт	1,40	1,30	1,20	1,50	1,20

Таблица 2

Среднее значения их физико-механических свойств по группам литотипов горных пород

Группы литологических разностей	Влажность W, %	Плотность ρ, г/см³	UCS, Предел прочности при сжатии, МПа		SOJ, Сдвиг по трещине		SCS, Сдвиг попилу		UTS, предел прочности при растяжении, Мпа	Угол внутреннего трения φ, град	Сцепление с, МПа
			Σсж в естественном состоянии	Σр в водонасыщенном состоянии	Угол внутреннего трения φ, град	Сцепление с, МПа	Сцепление φ, град	Угол внутреннего трения с, МПа			
AI, MET	0,50	2,61	29,94	14,66	26,8	0,02	30,7	0,02	3,21	33,1	5,63
DR	1,75	2,69	76,13	50,70	34,3	0,02	29,1	0,01	9,64	28,8	14,19
SL, SLQ, SLU	0,27	2,63	29,63	17,31	26,1	0,02	26,4	0,51	3,36	32,2	6,02
Q	-	2,43	0	0	-	-	-	-	0	16,1	0,15

на основе геомеханической блочной модели был проведен анализ изменения показателя модуля трещиноватости (FF/m). Средний размер элементарного структурного блока массива является величиной обратной модулю трещиноватости.

Расчёт сцепления трещиноватого горного массива S_m выполнен по формуле (7) на основании районирования исходных параметров по сечениям табл. 3. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Обобщенный критерий прочности Хука-Брауна описывается следующим уравнением:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + S \right)^a, \quad (8)$$

где m_b - является уменьшенным значением (для массива горных пород) константы m_i (для неповрежденной породы);

S и a являются константами, которые зависят от характеристик массива горных пород; σ_{ci} - прочность на одноосное сжатие (UCS) породы в образце; σ_1 и σ_3 - компоненты главных напряжений.

Параметры обобщенного критерия Хука-Брауна (m_b , S и a) могут быть определены из следующих уравнений:

$$m_b = m_i \cdot e^{\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)}, \quad (9)$$

$$S = e^{\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)}, \quad (10)$$

$$a = 0,5 + \frac{e^{\frac{GSI}{15}} - e^{\frac{20}{3}}}{6}, \quad (11)$$

где: GSI - это индекс геологической прочности;

m_i - материальная константа для неповрежденной породы;

Параметр D является "фактором возмущения", который зависит от степени техногенной нарушенности, которому подверглась горная масса в результате разрушения взрывом и релаксации напряжений. Он варьируется от 0 для ненарушенных массивов до 1 для сильно нарушенных массивов горных пород.

Согласно рекомендациям [4] константа m_i может быть определена по следующей эмпирической зависимости.

$$m_i = e^{1,858 \left(\frac{\sigma_{ci}}{\sigma_1} \right)^{0,107}}, \quad (12)$$

Расчёт параметров критерия прочности Хука-Брауна выполнен по формуле (9-12) на основании районирования индекса геологической прочности по сечениям, результаты приведены в табл. 5 и табл. 6. При расчетах устойчивости бортов для учета направления развития основных систем трещин воспользуемся эквивалентными

Таблица 3

Расчётные показатели сцепления трещиноватого горного массива полученные на основании районирования по сечениям откоса борта карьера

Параметр	Номер расчетного сечения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FF/m [1/м]	27	27	3	2	1,5	4	3	4	27
l [м]	0,037	0,037	0,333	0,500	0,667	0,250	0,333	0,250	0,037
H [м]	202	198	222	274	289	203	258	216	212

Таблица 4

Расчётные показатели сцепления трещиноватого горного массива полученные на основании районирования по сечениям откоса борта карьера

Группа литотипов	C0[кПа]	C'[кПа]	a[-]	Сцепление в массиве См [кПа] в сечении								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
AI, MET	5630	20	2	328	329	421	432	447	410	412	406	326
DR	14190	20	3	548	550	711	731	757	692	696	686	546
SL, SLQ, SLU	6020	20	2	350	350	448	461	476	437	439	433	348

Таблица 5

Расчётные параметры критерия Хока Брауна на основании районирования по индексу геологической прочности по сечениям откоса борта карьера

Параметр	Номер расчетного сечения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GSI	36	36	65	71	62	58	64	67	36
S	0,0008	0,0008	0,0205	0,0399	0,0147	0,0094	0,0183	0,0256	0,0008
a	0,515	0,515	0,502	0,501	0,502	0,503	0,502	0,502	0,515

Таблица 6

Расчётные параметры критерия Хока Брауна на основании районирования по группам литотипов пород откоса борта карьера

Группа литотипов	UCS [Мпа]	UTS [Мпа]	mi	Параметр mb в сечении								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
AI, MET	14,66	3,21	8,90	0,90	0,90	2,55	3,16	2,29	1,99	2,46	2,74	0,90
DR	50,7	9,64	9,20	0,94	0,94	2,64	3,27	2,37	2,05	2,54	2,83	0,94
SL, SLQ, SLU	17,31	3,36	9,15	0,93	0,93	2,62	3,25	2,36	2,04	2,53	2,82	0,93

Таблица 7

Расчет величины эквивалентного сцепления и угла внутреннего трения по крупам литотипов горных пород

Группа литотипов	φэ [град]	Параметр Сэ [кПа] в сечении								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
AI, MET	30,0	174	174	220	226	233	215	216	213	173
DR	31,6	284	285	366	376	389	356	358	353	283
SL, SLQ, SLU	29,2	185	185	234	240	248	228	230	227	184

прочностными свойствами, учитывающими протяженность трещин, определяемыми по формулам:

$$C_s = C_m (1 - k) + kC', \quad (13)$$

$$tg(\varphi_s) = (1 - k)tg(\varphi_m) + ktg(\varphi'), \quad (14)$$

где C_s , C_m , C' – эквивалентное сцепление, сцепление массива горных пород и по поверхностям ослабления (трещинам), МПа;

φ_s , φ_m , φ' – эквивалентный угол внутреннего трения, угол внутреннего трения массива горных пород и угол трения по поверхности ослабления (трещинам), град.;

k – коэффициент сплошности вдоль плоскости разрушения, определяемой формулой:

$$k = \frac{\sum l'}{\sum l' + \sum l}, \quad (15)$$

где l' и l – протяженность поверхности ослабления и массива горных пород, м.

Коэффициент сплошности k изменяется в диапазоне от 0 до 1. Единица для полностью слоистого массива, ноль для изотропного откоса. Для расчетов принимаем величину $k = 0.5$.

Расчет величины эквивалентного сцепления (C_s) и угла внутреннего трения (φ_s) находим по формулам (13-14), результаты расчетов приведены в табл. 7.

По анализу разработанной методики расчета проектных параметров бортов карьера для установления нормативной устойчивости конструкции борта в отличие от многих других методов предельного равновесия можно сделать вывод что с учетом нормальных и касательных сил реакций между блоками путем введения эквивалентной равнодействующей силы, которая действует в средней точке основания блока и изучением расчета сцепления трещиноватого горного массива, индекса геологической прочности и учета направления развития основных систем трещин можно установить нормативный запас коэффициента запаса устойчивости борта карьера.

Библиографических список

1. Nazarov Z.S., Jijanov A.B., Sharipov L.O., Nazarov A.Z. Recommendations for ensuring the stability of the sides of the Amantaytau quarry // Education in Karakalpakstan. – Karakalpakstan, 2023. – № 1/1(30). – pp. 96-101.
2. Nazarov Z.S., Jijanov A.B., Sharipov L.O., Nazarov A.Z. Calculation of the pit wall mass by finite element method in the Midas GTS NX software // Science and Education in Karakalpakstan. Karakalpakstan, 2023. – №1/2(31). – pp. 29-34.
3. Назаров З.С., Жиянов А.Б., Шарипов Л.О. Оценка главных горизонтальных напряжений по сведениям о геодинамическом районировании близко расположенных месторождений-аналогов // Материалы международной конференции по комплексному инновационному развитию Зарафшанского региона: Достижения, проблемы и перспективы. – Навои, Узбекистан, 27-28 октября 2022 г. С. 174-178.
4. Nazarov Z.S., Jijanov A.B., Sharipov L.O., Sunnatulloev Sh. Application of professor D. Lobshire's geomechanical classification for in-depth zoning of the board of the Amantaytau mine // E3S Web of Conferences. GEOTECH-2023. 417, 01001 (2023). doi.org/10.1051/e3sconf/202341701001.

ПРОМЫШЛЕННО ПОЛИГОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОДЕЛЯХ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ ПРИ ВЗРЫВАНИИ ОДИНОЧНОГО ЗАРЯДА



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



Назаров А.З.,
ассистент кафедры
«Горное дело» НГГТУ



Исмаилов З.В.,
ассистент
кафедры «Точные технические и
естественные науки» НИУ

Ushbu makolada kum-tsement modelarida, yakka zaryadlarni portlatishda oxaktoshlarning maydalanish xarakteriga skvajinani kirkib utuvchi darzliklar tasirining tatkikoti korib chikilgan. Modellardagi tatkikotlar natijalari shuni korsattiki zaryadlarni kirkib utuvchi darzliklar kattik muxitning portlatib maydalash xarakteriga katta tasir korsatadi. Tatkikot natijalari shuni kursatadiki darzli modellarda urtacha maydalangan bulaklar diametri 34,5% ni yaxlit modellarda 17,2% tashkil etadi.

Shu bilan bir katorda oxaktosh bloklarida chuzik zaryadlarni portlatishda buzilishlarni boxalash korib chikilgan. Portlatish natijalari kursatadiki shurning pastki kismida umatilgan PM zonasida deformatsiyalar kuzatilmaydi boshlangich stakan diametri oxirgi diametrga tengdir zaryadning zoylashish chukurligiga boglik bulmagan holda.

Tayanch iboralar: shpur, skvajina, kamuflet, detonasiya, darzlik, tog jinsi, mustaxkamlik, govaklik, siljish, kuchlanish, deformatsiya, stakan, detonasiya shnuri, fraktsiya, maydalash, impuls, zaryad, tog massivi.

В данной статье рассмотрены исследования характера разрушения известняков при взрывании одиночного заряда на песчано-цементных моделях с целью исследования влияния трещины пересекающих скважину. Результаты исследований на моделях показали, что наличие трещины или плоскости ослабления, проходящей через зарядную полость, существенно влияет на характер взрывного дробления твердой среды так диаметр среднего куска в трещиноватых моделях больше, чем в сплошной, на 34,5 и 17,2 % соответственно.

Проведена, оценки характера разрушения в донной части при взрыве удлиненных зарядов на блоках известняка. В результате взрывов установлено отсутствие видимой деформации в донной части шпура, где находились навески ВВ начальный диаметр «стакана» равен конечному, независимо от глубины заложения заряда.

Опорные слова: шпур, скважина, камуфлет, детонация, забойка, трещина, горная порода, прочность, поры, смещение, напряжение, деформация, стакан, детонационный шнур, фракция, дробление, импульс, заряд, горный массив.

Известно, что при взрывании шпуровых и скважинных зарядов их нижняя часть находится в камуфлетных условиях и в некоторых случаях после взрыва сохраняет первоначальную форму полости, хотя давление продуктов детонации при этом превышает прочностные параметры среды. При скважинной отбойке таких прочных пород, как диабазы, доломиты, мелкозернистые граниты и известняки, часто обнаруживаются так называемые стаканы, в которых отсутствуют ВВ. Это можно объяснить тем, что в начальной стадии взрыва происходит резкое снижение давления за счёт истечения газообразных продуктов через забойку, а также через существующие и вновь образованные трещины. Подобное предположение исследовалось Г.И. Покровским в работе [1]. В работах [2, 3] вопрос о взаимодействии газообразных продуктов детонации с твердой средой рассматривается с новой точки зрения – как источник необратимых энергетических и массовых потерь, а также фактор, существенно влияющий на процесс дробления горной породы.

Уменьшение давления во взрывной камере до уровня сдвиговой прочности приводит к тому, что сдвигание стенок камеры происходит упругим образом, а основной механизм разрушения в случае оболочки вокруг заряда конечного радиуса носит откольный характер.

В этом случае имеются в виду множественные отколы при вторичных отражениях, а также движение среды в сторону свободной поверхности под действием газообразных продуктов.

В промышленных условиях проведение экспериментальных исследований проникновения газов в трещины и поры весьма затруднительно, так как в ближайшей зоне взрыва, где эти процессы наиболее существенны, напряжения, смещения и скорости весьма велики. В этой связи обычно используют косвенные доказательства, полученные при проведении экспериментальных исследований.

С целью изучения и оценки характера разрушения в донной части удлиненных зарядов на известковом карьере АО «Кзылжумцемент» была проведена серия экспериментальных взрывов шпуровых зарядов на блоках, имеющих форму, близкую к кубической, из известняков с коэффициентом крепости $f=12-14$. Размеры блоков по ребру составляли 1,0-1,5 м. Поверхность блоков со стороны шпура практически плоская, диаметр шпура составляет 42 мм при глубине от 80 до 170 мм. Шпуры бурили в центре блока. В качестве ВВ использовали аммонит № 6 ЖВ. Масса заряда 50-100 г, высота 43-45 мм. В качестве забойки использовали песок.

В результате взрывов установлено отсутствие видимой деформации в донной части шпура, где находились навески ВВ (начальный диаметр «стакана» равен конечному), независимо от глубины заложения заряда.

Отсутствовали также видимые трещины в нижней части боковой поверхности стакана (не менее чем на 2/3 начальной высоты стакана) и на его дне независимо от глубины залегания заряда.

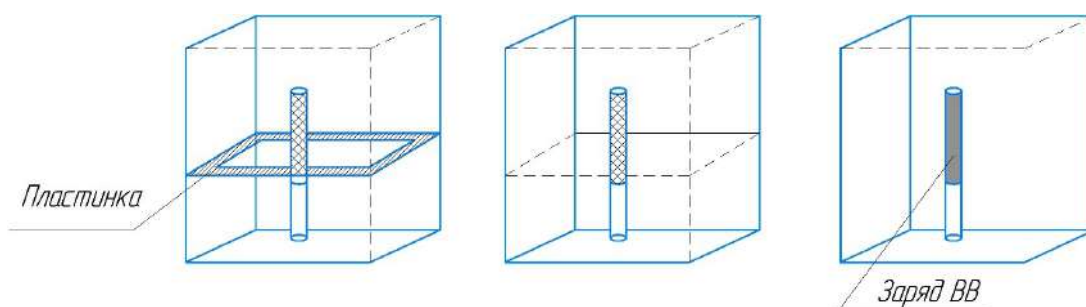


Рис. 1. Схема песчано-цементных моделей

При незначительном заглублении заряда верхняя кромка стакана имеет резкие сколы, боковая поверхность и дно его гладкие без видимых трещин, откольные пластинки и разрушенная порода выброшены из воронки.

С углублением заряда верхняя часть стакана покрыта мелкой сеткой нераскрытых трещин, нижняя часть (не менее чем на 2/3 высоты) и дно стакана гладкие, без видимых трещин, разрушенная порода находится между откольными пластинками и верхней частью стакана. Развитие купных трещин в массиве начинается от границ откольных пластин.

В данном случае разрушение происходит в направлении зерен, связанных слабо сцементированным дернистым кальцитом, раскол происходит по цементу, обходя крупные зерна, т. е. разрушение имеет упрягохрупкий характер.

Роль газообразных продуктов в данном случае заключается в уменьшении давления в очаге взрыва за счёт проникновения продуктов детонации в трещины и снижении прочности материала от сорбционного эффекта. В этой связи, рассматривая пути повышения КПД взрыва, необходимо максимально обеспечивать изоляцию продуктов взрыва от прямого контакта с пористой забойкой и создавать искусственные градиенты напряжений по высоте колонки заряда, рационально использовать газовый фактор путем снижения уровня прорыва газов через существующие трещины и забойку.

Характерной особенностью горных массивов с интенсивной трещиноватостью является то, что при взрывном разрушении ослабевает роль забоечного материала, что подтверждается первоначальным прорывом газов не у устья скважины, а на уровне груди забоя. Причем в таких случаях основное значение имеют не образующиеся в процессе разрушения трещины, а существовавшие до взрыва и имеющие непосредственный контакт с зарядной полостью.

С целью исследования влияния трещин, пересекающих скважину, на степень дробления блочных сред были проведены полигонные эксперименты на песчано-цементных моделях и блоках известняка, имеющих прослойки и трещины. Модели изготавливали трех типов (рис. 1).

Сплошные модели (1) имели размер 150x150x300 мм, а составные (2,3) представляли собой два блока размером 150x150x150 мм, соединенных торцами. В первом случае (2) поверхности контакта блоков, моделирующие берега трещины, прилегали непосредственно друг к другу, во втором (3) – между ними размещали слой пластилина для более плотного контакта между блоками. Таким образом, все модели имели одинаковый объем, что позволило для наблюдения принципов энергетического подобия (постоянств удельного расхода ВВ) применять заряды одинаковой массы.

В качестве заряда ВВ использовали отрезки детонирующего шнура длиной 0,1 м, которые помещали в шпурзы глубиной, равной 2/3 длины наибольшей грани модели, вследствие чего центр тяжести заряда совпадал с центром тяжести модели. Взрывание производили с обложением транспортной лентой с целью исключения разброса породы. Гранулометрический состав горной массы определяли методом ситового анализа. В табл. 1 приведен усредненный по трем сериям экспериментов гранулометрический состав моделей, а также рассчитанные диаметры среднего куска d_{cp} и площадь вновь образованной поверхности S_H . Вычисление этих величин производилось по известным формулам [4]:

$$d_{cp} = \sum Q_i d_i / Q; \quad S_H = \frac{6}{\gamma_m} \sum \frac{Q_i}{d_i} - S_0, \quad (1)$$

где – масса куска i -й фракции;
 d_i – средний диаметр кусков i -й фракции;
 γ_m – плотность материала моделей.

Гранулометрический состав горной массы определяли методом ситового анализа

Таблица 1

Модель	Процентное содержание фракций при d_c (мм)						d_{cp} , мм	S_H
	0-10	10-25	25-40	40-70	70-110	110-150		
Сплошная	12,94	9,49	12,02	21,88	18,95	24,72	67,44	1,41
Сплошная без заполнителя	7,49	4,56	5,47	18,41	14,16	49,91	90,72	0,79
Сплошная с заполнителя	5,84	5,16	4,57	26,63	14,57	16,23	79,05	0,83

Результаты экспериментальных взрывов на блоках известняка

Таблица 2

Модель	Процентное содержание фракций при d_c (мм)						Средний диаметр куска, мм
	0-10	10-30	30-50	60-70	70-100	100-150	
Сплошная	17,3	8,1	11,6	15,8	10,7	36,5	65,4
Сплошная без заполнителя	12,2	7,6	6,6	10,2	9,4	54,0	82,4
Сплошная с заполнителя	8,2	7,6	8,1	9,4	26,2	40,5	75,2
Сплошная с прослойками кальцита	15,1	8,4	8,3	23,1	17,8	25,3	70,4



Таблица 1

Зависимости выхода переизмельченных фракций

Модель	Выход фракций 0-5 мм (кг) при грани блоков (см)				Средне взвешенный выход фракций 0-5 мм (кг)	Выход переизмельченных фракций на единицу массы ВВ
	20	25	30	40		
Сплошная с прослойками кальцита	4,2/7,1	4,3/6,9	3,9/7,2	3,8/7,3	4,0/7,1	133/142

Примечание: Над чертой – при массе заряда 30 г, под чертой – 50 г

Из приведенных данных следует, что наибольший выход продуктов дробления приходится на фракции 40-70, 70-110, 110-170 мм. Это обусловлено образованием зон разрушения, ограниченных радиальными трещинами в пределах исходных блоков. Величины радиусов этих зон равняются 15-30 радиусов зарядной полости и соизмеримы с размерами блоков.

Указанные параметры зон разрушения превышают достигнутые при экспериментальных взрывах на сплошных моделях больших размеров, что обусловлено влиянием границ раздела и боковых поверхностей.

Анализ результатов исследований показал, что наличие трещины или плоскости ослабления, проходящей через зарядную полость, существенно влияет на характер взрывного дробления твердой среды. Так, диаметр среднего куска в трещиноватых моделях (тип 2 и 3) больше, чем в сплошной, на 34,5 и 17,2% соответственно. Выход условных переизмельченных кусков (фракция 0-10 мм) обусловлен в основном бризантным действием взрыва и при одном и том же типе ВВ зависит от величины площади контакта ВВ со средой. В сплошной модели площадь контакта была максимальной, и выход фракций 10 мм составлял 12,94%. Из-за неплотного прилегания боковых поверхностей блоков в моделях к трещинам площадь поверхности контакта уменьшилась, что вызвало уменьшение выхода фракций 10 мм (7,49 и 5,84% соответственно). Несмотря на то, что в трещиноватых моделях с заполнителем и без него условия для истечения газов были различны, суммарный выход фракций 0-25 мм был близок по величине (11,0 и 12,05%). Это свидетельствует о том, что выход мелких фракций обусловлен начальными стадиями процесса развития взрыва и структура разрушаемой среды оказывает на него незначительное влияние.

Суммарный же выход крупных фракций (70-150 мм) в значительной степени зависит от условий истечения газообразных продуктов взрыва, т. е. характера изменения давления в зарядной полости на последующих стадиях развития процесса взрывного разрушения. Так, суммарный выход этих фракций для моделей 1-3 типов равен 43,67, 64,07 и 57,8% соответственно. Энергетические затраты на дробление, пропорциональные величине вновь образованной поверхности, имеют ту же тенденцию изменения.

Аналогичные результаты были получены и при проведении полигонных исследований на моделях известняка. Размеры блоков и условия взрывания соответствовали песчано-цементным моделям, но в IV серии экспериментов при размерах блока 150x150x300 мм в средней части его имелась трещина шириной 6 мм, заполненная кальцитом. В табл. 2 приведены результаты экспериментальных взрывов на блоках известняка.

Анализ приведенных данных показал, что наибольший массовый выход продуктов дробления приходится на долю фракций 60-70, 70-100 и 100-150 мм. Средний размер куска разрушенных состав-

ных моделей был выше, чем сплошных. Это связано прежде всего с тем, что механизм соударения блоков при взрыве на свободные поверхности практически не реализуется.

Достигнутое улучшение качества дробления составных моделей с заполнителем и прослойком кальцита обусловлено снижением потерь взрыва и меньшими потерями воли напряжений при переходе через границы раздела, заполненные гораздо более плотным материалом, чем воздух.

Уменьшение диаметра куска (70,4 мм) в IV серии эксперимента по сравнению с II и III сериями (82,4 и 75,2 мм) обусловлено более плотным контактом заполнителя (кальцита) с прилегающими гранями и меньшими потерями энергии взрыва на границе прослоя кальцита.

Наряду с этим в полигонных условиях была проведена серия экспериментов на объемных моделях из известняков по установлению зависимости выхода переизмельченных фракций 0-5 мм от массы заряда (табл. 3).

Методика эксперимента заключалась в следующем. Из блоков известняка, отобранных на карьере, изготавливали модели, близкие по форме к кубической, в которых пробуривали шпуры диаметром 20 мм и глубиной, равной 2/3 длины ребра модели.

Длина размещенного в полости заряда ВВ массой 30 г равнялась 10 см, а массой 50 г – 16 см. В верхней части шпуры помещалась забойка из сухого песка. Удельный расход ВВ для зарядов массой 30 г изменялся от 3,75 до 0,46 кг/м³, а для зарядов массой 50 г – от 6,25 до 0,78 кг/м³.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что независимо от размеров взрывааемых моделей выход переизмельченных фракций при неизменном типе ВВ и массе заряда остается постоянным.

Вместе с тем с изменением массы заряда от 30 до 50 г наблюдается повышение выхода переизмельченных фракций, что свидетельствует о влиянии массы ВВ на показатели их выхода. Кроме того, наблюдается увеличение выхода переизмельченных фракций при применении порошкообразного ВВ (аммонита № 6 ЖВ)

Это можно объяснить полнотой детонационного процесса порошкообразных ВВ в зарядах, диаметр которых гораздо выше критического. Следовательно, усиливается ударное нагружение на границе ВВ – порода за счет импульса большей продолжительности и действия газообразных продуктов в ближней зоне, дающей наибольший выход переизмельченных породных фракций.

Анализ результатов исследований на моделях показал, что наличие трещины или плоскости ослабления, проходящей через зарядную полость, существенно влияет на характер взрывного дробления твердой среды так диаметр среднего куска в трещиноватых моделях больше, чем в сплошной, на 34,5 и 17,2% соответственно.

Библиографический список:

1. Комир В.М., Воронин В.Г. Управление действием взрыва при дроблении горных пород. Взрывное дело. – № 77/34. – Москва, 2012. – С. 182-187.
2. Губкин К.С., Кузнецов В.М., Шацкевич А.Ф. О тепломассообмене при взрыве в твердых телах. Журн. Приклад. Механики и техн. физики. 2009. № 6. – С. 136-141.
3. Кузнецов В.М., Шацкевич А.Ф. О работоспособности взрывчатых веществ. Физика горения и взрыва. – Новосибирск, 1978. – №2. – С. 120-125.
4. Друкованый М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах. – М.: Недра, 2003. – 416 с.

УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ



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



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



Шарипов Л.О.,
и.о. доцента кафедры
«Добыча и переработка руд редких и
радиоактивных металлов» НГГТУ,
PhD



Эргашев Н.Х.,
заместитель начальника
ПТО рудника «Ауминзо-Амантой»
Центрального РУ АО «НГМК»

Portlatish ishlari olib boriladigan hudud yaqinida joylashgan muhim muhandislik inshootlarining xavfsizligini ta'minlash va saqlash, massivning buzilishi va yoriq hosil bo'lishini kamaytirish, shuningdek, to'kilmalar va o'pirilishni kamaytirish uchun yalpi portlatishda skvajinalar qatorini yo'naltirish sxemalari taklif etilgan. Karyerning konturoldi hududida portlatish ishlarini olib borishning seysmik jihatdan xavfsiz usuli ishlab chiqilgan.

Tayanch iboralar: yoppasiga portlashning seysmik ta'siri, karyerning ish olib borilmaydigan borti, portlovchi moddalar zaryadining massasi, seysmik kuchlanish to'qinining fazasi, seysmik tebranishlar, karyerning kontur oldi zonasida portlatish ishlarini olib borish usuli.

Для обеспечения безопасности и сохранности ответственных инженерных сооружений, расположенных вблизи зоны производства взрывных работ, снижения нарушений массива и трещинообразования, а также уменьшения осыпобразования и оползания рекомендованы схемы ориентации рядов скважин при массовом взрыве. Разработан сейсмобезопасный способ ведения взрывных работ в приконтурной зоне карьера.

Опорные слова: сейсмическое действие массового взрыва, нерабочий борт карьера, масса заряда взрывчатых веществ, фаза сейсмической волны напряжений, сейсмические колебания, способ ведения взрывных работ в приконтурной зоне карьера.

Основная задача при формировании нерабочих бортов карьеров – получить качественную поверхность откосов уступов с устойчивыми углами и отсутствием нарушений, а при необходимости с помощью методов упрочнения и более высокой прочностью массива.

Поэтому следует применять только те технологические схемы, которые обеспечивают решение этой задачи в конкретных горно-геологических условиях.

Практика изучения деформаций горных пород от сейсмического действия взрывов позволила выявить следующие критерии качественной отстройки откоса [1-3]:

- абсолютные смещения законтурного массива – не более 3 мм;
- скорости колебаний пород – не более 24 см/с;
- отсутствие заколов;
- получение поверхности со степенью неровности в пределах 15-20 см.

Проведенные исследования [4-9] показали, что к настоящему времени существует четыре наиболее эффективных способов оформления нерабочих уступов в предельном контуре, которые приведены в табл. 1.

Применение каждого из этих методов эффективно в определенных условиях.

При использовании предварительного щелеобразования с равномерным распределением скважин по контуру возможно взрывание через скважину, когда между ними остаются незаряженные

скважины. Во всех случаях необходимо заряд рассредоточивать воздушными промежутками.

Скважины могут быть любого диаметра, в соответствии с которым устанавливаются сетка бурения скважин и величина заряда в них.

При последующем оконтуривании уступов взрыванием наклонных скважин возможно применение вспомогательных скважин уменьшенной глубины между контурными скважинами и последним рядом отбойных скважин.

Взрывание наклонных скважин любого диаметра может выполняться при использовании как рассредоточенных, так и сплошных зарядов.

Экскаваторный метод заоткоски применяется независимо от вида использованных для отработки приконтурных лент взрывных скважин – наклонных или вертикальных.

На участках распространения трещин большой протяженности заоткоска производится естественным образом, без применения специальных методов.

Область использования каждого из указанных методов приведена в табл. 2.

Во всех случаях отработку приконтурной зоны следует вести лентами небольшой ширины с параметрами буровзрывных работ, приведенными в табл. 3 и полученными расчетным или экспериментальным путем.

Для обеспечения безопасности и сохранности ответственных инженерных сооружений, расположенных вблизи зоны



Таблица 1

Методы и способы заоткоски нерабочих уступов

Схема оформления нерабочих уступов в предельном контуре				Технический эффект от применения схем
Индекс метода	Метод	Индекс способа	Способ	
I	Предварительное щелеобразование на проектном контуре под расчетным углом наклона	1	Равномерное распределение скважин по контуру	Увеличение углов откосов уступов на 5-20°
		2	Равномерное распределение скважин по контуру с размещением холостой скважины между заряжаемыми	Увеличение углов откосов уступов на 5-20° и сокращение объема буровых работ по заоткоске
II	Последующее оконтуривание взрыванием наклонных скважин на проектном контуре под расчетным углом наклона	1	Равномерное распределение скважин по контуру	Увеличение углов откосов уступов на 5-10°
		2	Равномерное распределение скважин по контуру с размещением холостой скважины между заряжаемыми	Увеличение углов откосов уступов на 5-10° и сокращение объема буровых работ по заоткоске
III	Эксплуатационный	1	При высоте рабочего уступа менее 10 м без разделения на подступы	Обеспечение заоткоски под расчетными углами и сокращение объема буровзрывных работ по заоткоске
		2	При высоте рабочего уступа более 10 м с разделением на подступы	Обеспечение заоткоски под расчетными углами и сокращение объема буровзрывных работ по заоткоске
IV	Естественная заоткоска	1	Без расположения взрывных скважин по контуру и оформления экскаваторами	Обеспечение расчетных устойчивых углов откосов и отсутствие затрат на заоткосные работы

производства взрывных работ, снижения нарушений массива и трещинообразования, а также уменьшения осыпобразования и оползания в работе [1] рекомендуются схемы ориентации рядов скважин при массовом взрыве.

Согласно данным схемам взрываемому блоку придают вытянутую форму с зауженными концами, характеризуемую двумя параметрами – длиной и шириной.

Блок ориентируют таким образом, чтобы длинная сторона совпадала с кратчайшим направлением на борт карьера (рис. 1).

После того, как обуриваемый блок ориентирован по направлению, ряды скважин в плане необходимо располагать под углом от 50 до 130° к линии кратчайшего расстояния до борта карьера. Коммутацию взрывной сети осуществляют так, чтобы она приводила к последовательному взрыванию зарядов в направлении от борта карьера к центру взрываемого блока.

Размещение скважин в выбранном блоке по площадке, имеющей вытянутую форму, ориентированной в плане зауженными концевыми участками вдоль линии кратчайшего расстояния до

Таблица 2

Область применения технологических схем оформления уступов в предельном контуре

Характеристика пород по трещиноватости	Средний размер ребра структурного блока	Минимальный угол падения системы трещин, градус	Тип трещин относительно элементов залегания уступа					
			Согласные			Несогласные		
			Продольные	Диагональные	Поперечные	Продольные	Диагональные	Поперечные
Весьма сильнотрещиноватые (весьма мелкоблочные)	0,1	0-30	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2
		30-60	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2
		60-90	IV-III-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2
Сильнотрещиноватые (мелкоблочные)	0,1-0,3	0-30	III-1-2	III-1-2	II-1-2,	II-1-2	II-1,	II-1,
			III	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-Г-2	III-1-2
		30-60	II-1-2	III-1-2	I-1	II-1-1	II-1	II-1
			III	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2
		60-90	II-1-2,	II-1-2	I-1	II-1-2	II-1	II-1
			III	III	III-1-2	III-1-2	III-1-2	III-1-2
Трещиноватые (среднеблочные)	0,3-0,6	0-30	1-1-2	1-1-2	1-1-2	II-1-2	II-1-2	II-1
		30-60	1-1-2, IV	II-1-2, III	II-1-2, III	II-1-2, III	II-1, III	II-1, III
		60-90	IV	II-1-2, III	II-1-2, III	II-1-2, III	II-1, III	II-1, III
Слаботрещиноватые (крупноблочные)	0,6-2	0-30	1-1-2	I-1-2	I-1	1-1-2	I-1	I-1
		30-60	I-1-2, IV	I-1-2	I-1	1-1-2	I-1	I-1
		60-90	IV	I-1-2	I-1	1-1-2	I-1	I-1
Нетрещиноватые (монолитные)	2	0-30	1-1-2	I-1-2	I-1	1-1-2	I-1	I-1
		30-60	1-1-2, IV	I-1-2	I-1	1-1-2	I-1	I-1
		60-90	IV	I-1-2	I-1	1-1-2	I-1	I-1

Таблица 3

Параметры специальной технологии отработки приконтурных лент при высоте уступа 15 м с применением вертикальных скважин

Характеристика пород по трещиноватости	Средний размер ребра структурного блока, м	Степень взрываемости	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м ³	Элементы технологических схем							
				Предельно допустимая ЛСПП, м	Расстояние между скважинами, м	Расстояние от последнего ряда скважин до предельного контура, м	Расстояние последнего ряда от предельного контура	Перебур последнего ряда в последней ленте, м	Интервал замедления, мс	Средняя ширина приконтурной ленты	Диаметр скважин, мм
Весьма сильно-трещиноватые (весьма мелкоблочные)	0,1	Легковзрываемые	0,2-0,35	9-11,5	8-9	8-9	1,3-1,4	0-2,5	35-50	18-20	243
Сильнотрещиноватые (мелкоблочные)	0,2-0,3	Средневзрываемые	0,35-0,45	8-10,5	7,5-8	7,5-8	1,4-1,45	0-2,5	35-50	15-18	243-
Трещиноватые (среднеблочные)	0,3-0,6	Трудновзрываемые	0,45-0,55	7,5-9,5	7-7,5	7-7,5	1,45-1,5	0,5-3	35-50	12-15	243
Слаботрещиноватые (крупные)	0,6-2	Весьматрудно-взрываемые	0,55-0,7	7-8	6,5-7	6,5-7	1,5-1,55	0,5-3	35-50	10-12	243
Нетрещиноватые (моноклитные)	2	Исключительно трудновзрываемые	>0,7	6,5-7,5	6-6,5	6-6,5	1,55-1,6	0,5-3	35-50	8-10	243

борта карьера, позволяет за счет оптимального выбора формы площадки, а также углов наклона рядов скважин от 50° до 130° добиться перераспределения выделяемой сейсмической энергии по ширине и длине взрывного поля.

Последовательное взрывание рядов скважин с замедлением от самой ближней скважины в направлении от борта карьера приводит к перераспределению выделяемой сейсмической энергии таким образом, что максимальный поток сейсмической энергии направлен в противоположную от борта карьера сторону.

В практике отстройки бортов карьеров в проектном контуре в зависимости от высоты рабочих уступов производят их сдвигание

или страивание. Исследованиями установлено, что создание щели на всю высоту нерабочего уступа позволяет получить практически ненарушенный массив с качественной поверхностью откоса.

Вариант создания предварительной щели в зависимости от высоты, группируемых в предельном контуре уступов приведены на рис. 2 [3].

Данная схема предусматривает предохранение массива пород, слагающих нерабочие уступы, от разрушающих нагрузок и позволяет получить устойчивые откосы, которые в меньшей степени подвержены процессу осыпания и обрушения.

Известно, что при взрывном рыхлении горных пород возникают

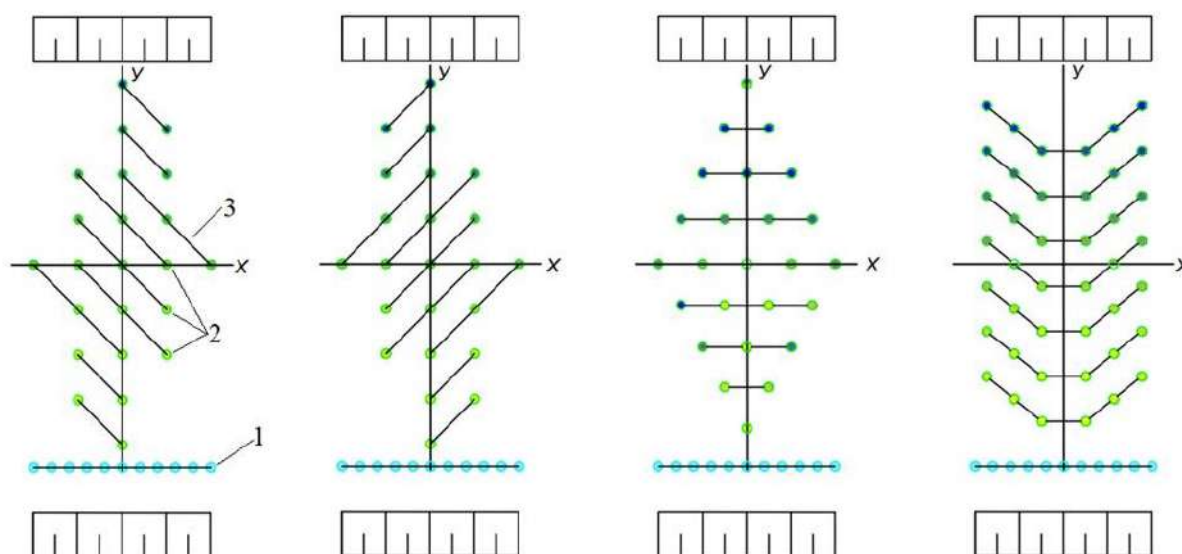


Рис. 1. Схемы ориентации рядов скважин для наиболее распространенных контуров взрываемых блоков: 1 – ряд наклонных контурных скважин; 2 – вертикальные предконтурные скважины; 3 – направление взрывания зарядов от борта карьера

сейсмические волны большой интенсивности, влияющие на сохранность прибортовых массивов, задача сейсмотехники которых должна решаться с использованием сейсмотехнологий взрывной отбойки горнорудной массы, обеспечивающих допустимую сейсмическую нагрузку без снижения эффекта породоразрушения и обеспечения заданного среднего куска взорванной горной массы.

С этой целью проведены исследования и расчет рекомендуемых интервалов поверхностных замедлений и схем взрывания НСИ на глубоких горизонтах карьеров, обеспечивающих сохранность прибортовых массивов.

В результате проведенных исследований разработан сейсмотехнологический способ ведения взрывных работ в приконтурной зоне карьера при массовом взрыве, позволяющего обеспечить снижение нарушений массива и трещинообразования за пределом контура карьера, а также уменьшение осыпобразования и оползания, уменьшение уровня сейсмических колебаний для близлежащих объектов без снижения эффекта породоразрушения и повысить сохранность прибортовых массивов и инженерных сооружений.

Согласно данному способу при приближении горных работ к конечному контуру карьера бурятся один ряд наклонных контурных и несколько рядов вертикальных предконтурных скважин.

Ряд наклонных контурных скважин предназначен для создания экранирующей щели, а ряды вертикальных предконтурных скважин – для дробления горных пород.

Ряды вертикальных предконтурных скважин разделяются на два равных блока. В обоих блоках применяется короткозамедленная диагональная схема взрывания в направлении от проектного контура борта карьера в сторону открытой поверхности уступа.

Заряжание наклонных контурных скважин производится промышленным ВВ с уменьшенным коэффициентом заряжания, а

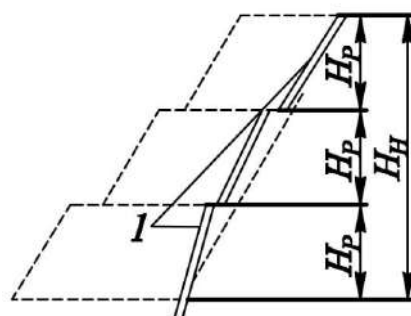


Рис. 2. Технологическая схема создания предварительной щели при отстройке нерабочих уступов в предельном контуре бортов карьера: H_p – высота рабочего уступа; H_n – высота нерабочего уступа; 1 – скважины предварительной щели

скважины дробления – также промышленным ВВ согласно паспорту буровзрывных работ для конкретного предприятия.

Первым взрывается ряд наклонных контурных скважин, образуя экранирующую щель, вторым взрывается первый блок ряда вертикальных предконтурных скважин с увеличенным интервалом замедления и реализацией диагональной схемы взрывания и последним взрывается второй блок рядов вертикальных предконтурных скважин с реализацией зеркальной короткозамедленной диагональной схемы взрывания.

Таким образом, применение сейсмотехнологического способа ведения взрывных работ в приконтурной зоне карьера позволяет обеспечить допустимую сейсмическую нагрузку на борта карьера и инженерные сооружения без снижения эффекта породоразрушения и обеспечения заданного среднего куска взорванной горной массы.

Библиографический список:

1. Полищук С.З., Лашко В.Т., Кучерский Н.И., Сытенков В.Н., Быковцев С.А., Прохоренко Г.А., Клименко А.И., Мальгин О.Н., Шеметов П.А., Кольцов В.Н., Иноземцев С.Б., Иоффе А.М., Рубцов С.К. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров. Монография. – Днепропетровск – Украина: «Полиграфист», 2001 г. – 371 с.
2. Силкин А.А., Кольцов В.Н. Геомеханический анализ и системы контроля деформации бортов карьера Мурунтау // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2002. – № 4 (11). – С. 17-22.
3. Рубцов С.К., Шеметов П.А. Управление взрывным воздействием на горный массив при открытой разработке месторождений. – Ташкент: Изд-во «ФАН» АН РУз, 2011. – 400 с.
4. Ильин А.И., Гальперин А.М., Стрельцов В.И. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
5. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. – М.: Недра, 1973. – 232 с.
6. Копач П.И., Краснопольский И.А., Полищук С.З., Шапарь А.Г. Управление состоянием массивов на открытых разработках. – Киев: Наукова думка, 1988. – 288 с.
7. Кутузов Б.Н., Совмен В.К., Эквист Б.В. Обеспечение сейсмотехнологической безопасности взрывов при неэлектрическом инициировании зарядов // Горный журнал. – Москва: Руда и металлы, 2004. – № 2. – С. 17-20.
8. Мосинец В.Н., Абрамов А.В. Разрушение трещиноватых и нарушенных горных пород. – М.: «Недра», 1982. – 274 с.
9. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. – М.: «Недра», 1976. – 271 с.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, № 4 (99) pp. 54-58

CONDITION MANAGEMENT OF ROCK MASSIF TO ENSURING STABILITY OF QUARRY BOARDS

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

²Zairov Sh.Sh., Head of the Sector of Scientific Research, Innovation and Training of Scientific and Pedagogical Personnel, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: sher-z@mail.ru.

³Sharipov L.O., Acting Associate Professor of the Department of Mining and Processing of Rare and Radioactive Metal Ores, PhD.

³Ergashev N.Kh., Deputy Head of the Production and Technical Department of the Auminzo-Amantoy Mine.

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

²Navoi State Mining and Technological University. Navoi, Uzbekistan.

³Central Mining Administration of JSC "NMMC". Zarafshan, Uzbekistan.

To ensure the safety and security of critical engineering structures located near the blasting zone, to reduce rock mass disturbances and cracking, as well as to reduce talus formation and sliding, orientation schemes for rows of wells during a massive explosion are recommended. A seismically safe method of conducting

blasting operations in the perimeter zone of the quarry has been developed.

Keywords: Key words: seismic effect of a massive explosion, non-working quarry side, mass of explosive charge, phase of a seismic stress wave, seismic vibrations, method of blasting in the perimeter zone of a quarry.

Bibliographic list:

1. Polishchuk S.S., Lashko V.T., Kuchersky N.I., Sytenkov V.N., Bykovtsev S.A., Prokhorenko G.A., Klimenko A.I., Malgin O.N., Shemetov P.A., Koltsov V.N., Inozemtsev S.B., Ioffe A.M., Rubtsov S.K. Prediction of stability and optimization of parameters of the sides of deep quarries. Monograph. – Dnepropetrovsk – Ukraine: "Polygraphist", 2001 – 371 p.
2. Silkin A.A., Koltsov V.N. Geomechanical analysis and control systems for deformation of the sides of the Muruntau quarry // Mining Bulletin of Uzbekistan. – Navoi, 2002. – No. 4 (11). – pp. 17-22.
3. Rubtsov S.K., Shemetov P.A. Control of explosive impact on a rock mass during open-pit mining. – Tashkent: Publishing house "FAN" of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 2011. – 400 p.
4. Ilyin A.I., Galperin A.M., Streltsov V.I. Management of long-term stability of slopes in quarries. – M.: Nedra, 1985. – 248 p.
5. Demin A.M. Stability of open-pit mines and dumps. – M.: Nedra, 1973. – 232 p.
6. Kopach P.I., Krasnopolsky I.A., Polishchuk S.Z., Shapar A.G. Managing the state of arrays in open-pit mines. – Kyiv: Naukova Dumka, 1988. – 288 p.
7. Kutuzov B.N., Sovmen V.K., Ekvist B.V. Ensuring seismic safety of explosions during non-electric initiation of charges // Gornyy zhurnal. – Moscow: Ruda i metally, 2004. – No. 2. – pp. 17-20.
8. Mosinets V.N., Abramov A.V. Destruction of fractured and disturbed rocks. – M.: "Nedra", 1982. – 274 p.
9. Mosinets V.N. Crushing and seismic effect of explosion in rocks. – M.: "Nedra", 1976. – 271 p.

HT-250-01; HT-250 M

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
ТОКАРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Безопасность и качество

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

АНАЛИЗ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ПОРФИРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ



Мислибаев И.Т.,
профессор кафедры
«Горное дело» НГГТУ, д.т.н.



Меликулов А.Д.,
зам. генерального директора
ООО «СУ-75», к.т.н., доцент



Шамаев М.К.,
старший преподаватель
кафедры «Горное дело» АФ ТГТУ

Maqolada asosiy e'tibor qurilish materiali hisoblangan porfirrit konlarida burg'ilash portlatish ishlarini samarali bajarish uchun qo'llanilgan texnologik usullar va ishlatilgan materiallarning tahliliga qaratilgan. Burg'ilash portlatish ishlarini sifatli bajarishda kon-geologik sharoitlarning ahamiyati, burg'ilash portlatish ishlarining sifatli bajarilishining keyingi qayta ishlash jarayonlariga ta'siri, nogabarit bo'laklari miqdorining kamayishi, bu konlarda burg'ilash portlatish ishlarini bajarishdagi talabning boshqa turdagi foydali qazilma konlarda burg'ilash portlatish ishlariga qo'yiladigan talabdan farqi va erishilga ijobiy natijalar haqida ma'lumot beriladi.

Tayanch iboralar: nogabarit bo'laklar, porfirritlar, sheben, tosh, portlatish ishlari, portlatish burg'u quduqlari, burg'u quduqlar to'ri, nogabarit bo'laklar o'lchamlari, burg'ilash stanoklari.

В работе основное внимание обращается на технологические способы и анализ свойств использованных различных материалов с применением которых достигается эффективности буровзрывных работ на месторождениях порфиристов который считается нерудным строительным материалом. Значение горногеологических условий при качественном выполнении буровзрывных работ, влияние качества выполненных буровзрывных работ на следующие технологические процессы переработки, уменьшение количество негабаритных кусков, разница требований предъявляемые для взрывание этих месторождений от месторождений других видов полезно-ископаемых и приводятся сведения о достигнутых положительных результатах.

Опорные слова: негабаритные куски, порфиристы, щебень, камень, взрывные работы, взрывные скважины, сетка скважин, размеры негабаритных кусков, буровые станки.

Буровзрывные работы существенно влияют на выемочно-погрузочные работы и всем технологическим процессам до получение готовой продукции. При разработке строительных материалов, где применяются буровзрывные работы, особенно при разработке массивов неоднородных сложноструктурных порфиристов в большинстве случаев встречается превышение предела выхода количества негабаритных кусков после взрывных работ, относительно тех которые указаны на проектах. Кроме того, в массивах сложной структуры становится затруднительным проведение взрывных работ из-за малой вероятности прогнозирования качества взрыва. При проектировании буровзрывных работ на таких месторождениях рекомендуется учитывать изменчивость геологического разнообразия месторождения и структурного строения взрываеваемого массива [1, 2]. В таких условиях полностью исключить выход негабаритных кусков при взрывных работах не удаётся, но можно минимизировать этот показатель, который приводит к дополнительным затратам времени и средств в процессе добычи. Одной из важных задач является снижение выхода негабаритных кусков при выборе параметров буровзрывных показателей.

В месторождениях со сложной структурой негабаритные куски имеют специфическую особенность формирования при взрывных работах.

Негабаритные куски пород имеют тенденцию образовываться вокруг первого ряда скважин, за исключением неуправляемой зоны дробления и блока породы, отделяющегося по проектной линии [3, 4, 5].

Если определить размер негабаритных кусков по тому, как они помещаются в ковше экскаватора, то линейный продольный размер

будет следующим:

$$L_H = 0,7\sqrt[3]{E} = 0,7\sqrt[3]{1,6} = 0,8 \text{ м.}$$

Здесь $E = 1,6 \text{ м}^3$ – вместимость ковша экскаватора.

Ликвидация негабаритных кусков осуществляется с помощью шпуровых зарядов. Согласно техническому заданию максимальное количество негабаритных кусков установлено в количестве 7%.

Для перевозки горных пород на пункт дробления и сортировки используются автомобили грузоподъёмностью до 25 т. Расстояние транспортировки составляет 1,0-1,5 км. что уменьшает расходы на перевозку взорванной горной массы карьерным транспортом.

В среднем, за один массовый взрыв отбивается порядка от 10 до 25 тыс. м^3 горной породы. Из каждого карьера добывается и перерабатывается около 180-240 тыс. м^3 горной породы в год. Показатель прочности порфиристов в этих карьерах по шкале М.М. Протодьяконова равна $f = 18-20$, плотность составляет $\rho = 2,9-3,0 \text{ т/м}^3$. На основе этих показателей подготовка к выемке порфиристовых пород ведётся буровзрывным способом. Порфиристы этих карьеров относятся к разряду труднобуримых. До вскрытия карьера буримая поверхность естественно неровная. Для приведения в ровное традиционное положение рабочей площадки для буровых станков сначала разрабатывается верхний слой, образуется уступ. Толщина слоя вскрышных пород на этих карьерах составляет от 0,5 до 1,0 м. На местах где имеются вскрышные породы указанной толщины, они снимаются с помощью бульдозеров оттапливанием за пределы карьера.

Поэтому для бурения на этих карьерах в настоящее время широко используются буровые станки СБУ-100Г и Kaishan KY-140, Kaishan KG-510, имеющие схожую по всем параметрам легкую



Рис. 1. Дробильно-сортировочный комплекс переработки порфиристов

конструкцию и признаны наиболее приемлемыми. В связи с естественно природными условиями расположения карьеров и учётом требований к гранулометрическим размерам взорванных кусков породы сложнее добиться ожидаемой эффективности при использовании относительно тяжелых буровых машин типа СБШ-200 или СБШ-250. Размеры буровых площадок не отвечают требованиям этих буровых станков, поскольку буровая площадка состоит из естественных неровностей и имеет небольшие размеры. Из-за относительно небольшого расстояния между обуриваемыми в настоящее время скважинами и рядами скважин, весьма затруднительным считается их эффективная работа в данных условиях. За счёт увеличения себестоимости в бурении и удельного расхода взрывчатого вещества из-за перерасхода, относительно повышается себестоимость взорванной горной породы. Сетка взрывных скважин при работе станков СБУ-100Г в данное время составляет от 2,5х2,5 м. до 3,0х3,0 м. Глубина скважин от 5 до 15 м. В качестве забойки применяется мелоч которая собирается вокруг скважины после бурения и гравий. В местах развития естественных трещин в массиве необходимо увеличить удельный расход взрывчатого материала из-за возможности большей потери энергии взрыва. Конечно, существующие трещины в породах оказывают влияние на формирование границы карьерного борта. [7, 8]. Поэтому необходимо это учитывать при расчёте параметров буровзрывных работ. Если буримые скважины сухие, можно использовать относительно недорогие взрывчатые вещества местного производства, водонестойчивые [9]. В качестве основного показателя буровзрывных работ были приняты скважинные заряды диаметром 105-110 мм.

С учётом того, что горные породы в районе добычи вязкие, имеют структуру в виде крупных блоков, а также с учётом опыта работы в таких условиях, проект буровзрывных работ предусматривает следующее:

- а) составление сетки скважин сближенными;
- б) глубиной перебура – 10% от высоты уступа;
- в) для получения требуемого гранулометрического состава взорванной горной породы и учитывая естественную трещиноватость массива, удельный расход для взрывчатого веще-

ства Игданит составляет от 0,9 кг/м³ до 1,1 кг/м³. В виде патрона используется Аммонит № 6 ЖВ, диаметром 32 мм, вес каждого по 200 г, эти патроны инициируются неэлектрическими системами «Искра-С» (рис. 2). Для соединения скважин используется «Коршун-М» П-25-4 (рис. 3). При бурении скважин коронками диаметром 105-110 мм вместимость 1 м скважины составляет 7-8 кг. Конструкция скважинного заряда сплошная-колонковая. В поверхностной части взрывной сети при передаче детонационного импульса на неэлектрические детонаторы данного типа может быть использован дополнительный замедлительный блок. Обычно этот дополнительный блок используется для отдельной подачи импульса по рядам скважинных зарядов.

Непредохранительные электродетонаторы предназначены для инициирования зарядов взрывчатого вещества на поверхности земли [10, 11]. В электровзрывных сетях используются три типа соединений: последовательные, параллельные и смешанные.



Рис. 2. Патрон аммонит № 6 ЖВ, ИСКРА-С и Игданит в мешках



Рис. 3. Соединение скважинных зарядов с использованием Коршун М П-25-4

На основании опыта взрывных работ основным типом соединения в порфиритовых карьерах принято считать последовательный. Взрывные работы где велись наблюдение сначала производились на карьерах порфиринов Кекликтау-Х и Кекликтау-VI.

В этих двух карьерах глубина скважин от 5 до 15 м, сетка скважин составляет 3х3 м. Применяется взрывчатое вещество Игданит которой состоит из аммиачной селитры и дизельного топлива АС (95%) + ДТ (5%).

После этого на карьере порфиритового месторождения «Куяничик-II» были проведены взрывные работы.

В данном карьере глубина скважин равна от 5 до 10 м, размер сетки скважин 2,5х2,5 м. Удельный расход взрывчатых веществ составляет 1,0 кг/м³. Применяется взрывчатое вещество Игданит которое состоит из аммиачной селитры и дизельного топлива АС (95%) + ДТ (5%).

Во всех трёх карьерах для определения размеров кусков горных пород после взрывных работ использовалась маркшейдерская лента (рулетка).

По результатам измерений и расчётов установлено, что во всех трёх карьерах общее количество негабаритных кусков не превышает 3,5-4,0% от объёма всей взорванной породы. Здесь в том числе учтены результаты замеров и наблюдений выхода негабаритных кусков и после полной отгрузки взорванных горных пород этих серии.

Учитывая горно-геологические условия месторождений, в таких условиях рекомендуется применять буровые станки типа СБУ-100Г или Kaishan KY-140, Kaishan KG-510, имеющие схожую по всем параметрам легкую конструкцию и признанные приемлемыми.

В карьерах, где добываются строительные материалы, уровень точности используемой в настоящее время методики расчёта параметров буровзрывных работ недостаточен и конечно, было бы целесообразно выполнять его на основе результатов экспериментальных промышленных взрывных работ осуществляемые в конкретных горно-геологических условиях конкретного карьера.

Уменьшение размера сетки скважин при бурении обеспечивает качественное дробление горных пород, но приводит к тому, что определённая часть взрывающей породы будет переизмельчена относительно требуемого гранулометрического состава. При взрывании некоторых других видов строительных горных пород это приводит к уменьшению части товарной продукции. После взрывания известняков для известковых заводов (например, карьер известкового завода АО «Алмалыкский ГМК») куски размером меньше 6 мм в дальнейших производственных процессах в печку обжига не подаются и в товарную продукцию не идут [12].

На предприятиях по добыче и переработке порфиринов зёрна размером 0,5 мм и меньшего размера промываются и отправляются потребителям в качестве готовой строительной продукции под названием мытый песок. По этой причине из-за переизмельчения часть взорванной горной породы проблем не составляет. Это тоже можно отнести к свойственности разработки порфиринов с применением буровзрывных работ. В верхних уступах, где добывается порода, имеются места, сложенные крупными блоками, этот тип породы имеет вязкий характер, рекомендуется определять расстояние между скважинами и рядами скважин приближенными относительно бурения скважин на карьерах полезных ископаемых других типов, чтобы уменьшить выхода негабаритных кусков.

Во всех разрабатываемых карьерах порфиринов из-за отсутствия обводнённых скважин есть возможность применения неводоустойчивых взрывчатых веществ простейшего состава местного изготовления.

Библиографический список:

1. Ишейский В.А., Рядинский Д.Э., Магомедов Г.С. Повышение качества дробления горных пород взрывом за счет учета структурных особенностей взрывающего массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. – № 9-1. – С. 79-95.
2. Вохмин С.А., Дерягин П.А., Курчин Г.С., Ябуров Г.С. Совершенствование буровзрывных работ в породах мягкой и средней крепости // Известия ВУЗов. Северокавказский регион. Технические науки. – 2013. – № 4. – С. 97-102.
3. Заиров Ш.Ш., Мехмонов М.Р. Повышение качества дробления массива горных пород путем управления параметрами энергии взрыва. // Universum: технические науки: электрон. научн. журнал. – 2022. 3 (96). – С. 26-29.
4. Насиров У.Ф., Заирова Ф.Ю., Равшанова М.Х., Мехмонов М.Р. Исследование влияния взрывных работ в приконтурной зоне карьера на состоящие отколов уступов // Горный вестник Узбекистана. № 2 (93). – Навои, 2023. – С. 14-17.
5. Ракишев Б.Р. Автоматизированное проектирование и производство массовых взрывов на карьерах. – Алматы: Гылым, 2016. – 340 с.
6. Меликулов А.Д., Ханжаров С.Б., Шамаев М.К. Снижение выхода мелких фракций пород при взрывах на карьерах // Journal of Advances in Engineering Technology. – 2024. Vol.1(13). – С. 55-58.
7. Рахимов В.Р., Пьянков А.Г., Шеметов П.А., Петросов Ю.Э. Совершенствование параметров БВП в глубоких карьерах с циклично-поточной технологией добычи руд // Горный журнал. – 2013. № 8-1. С. 26 – 29. DOI: 10.17580/gzh.2013.05.01.
8. Sagatov N.H., Arifova L.T., Petrosov Yu.E., Djabborov M.N. Ochiq kon ishlari texnologiyasi va kompleks mexanizatsiyalash. – Toshkent: Kamalak Press, 2015. – 296-b.
9. Ракишев Б.Р., Орынбай А.А., Аузова А.М., Кутмубаев А.Е. Гранулометрический состав взорванных пород при различных условиях взрывания // ГИАБ, 2019. – № 8. – С. 83-94.
10. Рубцов С.К., Шеметов П.А. Управление взрывным воздействием на горный массив. – Ташкент: Фан 2011. – 398 с.
11. Арипов А.Т., Меликулов А.Д., Умедов Ш.Х., Шамаев М.К. и др. Особенности производства буровзрывных работ при разработке фосфоритового месторождения // Вестник науки и образования. – 2024. – № 2(145). Ч. 2. – С. 8-16. DOI: 10.24411/2312-8089-2024-10201.
12. Шамаев М.К., Ёрматов О.Ш., Тоштемуров У.Т. Разработка известнякового месторождения Саук-Булак. European Journal of Interdisciplinary Research and Development, Volume-12. Feb. -2023, pp. 65-69. <http://ejird.journalspark.org/index.php/ejird/article/view/354> с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СГУЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТОВ И ХВОСТОВ АЗИФ АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ



Хайдаров А.А.,
начальник
АЗИФ АО «АГМК»



Абдумунинова М.А.,
начальник группы обогащения
АЗИФ АО «АГМК»



Донияров Н.А.,
декан
Химико-металлургического факультета
НГГТУ, д.т.н., профессор

Maqolada oltin tarkibli rudalarni boyitishdan olinadigan boyitma va chiqindilarni quyiltirish jarayonining sifatini oshirish va qimmatbaho metallarning quyiltirgich quyilmalarida yo'qotilishini kamaytirish maqsadida turli reagent-flokulyantlar qo'llab olib borilgan ilmiy laboratoriya izlanishi natijalari keltirib o'tilgan. Flokulyantlarning muqobil varianti tanlangan.

Tayanch iboralar: quyiltirish jarayoni, flokulyant, yuqori molekulyar flokulyantlar, cho'kish tezligi.

V статье приведены результаты научных исследований, проведенных в лабораториях, направленные на улучшение качества процесса литья концентратов, получаемых при обогащении золотосодержащих руд, а также на снижение потерь драгоценных металлов в отливках. Использовались различные реагенты-флокулянты.

Опорные слова: процесс литья, флокулянт, высокомолекулярные флокулянты, скорость осаждения.

Процессы обезвоживания – сгущение и фильтрование – являются важной составной частью технологии обогащения и гидрометаллургии. В настоящее время наблюдается стремление к увеличению удельного веса процессов сгущения по сравнению со всеми остальными процессами обезвоживания, а также в общей стоимости технологии переработки.

На многих золотоизвлекательных фабриках (ЗИФ) процесс сгущения является проблематичным действием, оказывающим влияние на показатели других переделов и технологии в целом, что может привести к снижению производительности оборудования, увеличению энергетических и тепловых затрат.

Площадь, занятая сгустителями, составляет около 25% общей площади предприятия, а стоимость передела обезвоживания достигает 30% от общей стоимости переработки руд, что влияет на себестоимость продукции.

Интенсификация процессов сгущения и фильтрования влияет на снижение себестоимости получаемых концентратов и позволит снизить потери металла со сливами сгустителей и повысить, таким образом, его извлечение.

Поэтому исследования, направленные на интенсификацию обезвоживания золотосодержащих шламыстых концентратов и хвостов, представляются весьма актуальными.

Данное исследование позволит снизить потери материала со сливами сгустителей, повысить извлечение металлов, увеличить производительность предприятия без установки дополнительного оборудования.

Основным направлением оптимизации процессов сгущения является использование высокопроизводительных аппаратов, а также реагентов (для увеличения скорости осаждения твердой фазы), среди которых широко применяются в процессе сгущения флокулянты [1].

Флокулянты – вещества, вызывающие в жидких дисперсных системах флокуляцию – образование рыхлых хлопьевидных агрегатов (флоккул) из мелких частиц дисперсной фазы. В зависимости от того, к какому классу веществ флокулянты относятся, их можно разделить на четыре группы: неорганические электролиты, низко- и среднемолекулярные поверхностно-активные вещества, природные высокомолекулярные вещества и синтетические флокулянты.

При введении в пульпу неорганических электролитов увеличение скорости осаждения суспензии обусловлено коагуляцией твердых частиц вследствие снижения электрокинетического потенциала.

При введении в пульпу органических высокомолекулярных флокулянтов увеличение скорости осаждения суспензии объясняется образованием крупных флокул вследствие закрепления на частицах клубков молекул реагента.

В последнее время широкое применение в практике обогащения фабрик нашли новые высокомолекулярные синтетические флокулянты.

Флокуляция аналогична коагуляции, но возникает вследствие адсорбции на поверхности частиц гетерополярных молекул флокулянта.

В результате этого происходит укрупнение частиц, т.е. образование хлопьев, оседающих под действием силы тяжести. Эффективность действия флокулянтов зависит от их химического состава, молекулярной массы, структурными особенностями, а также их расходом [2].

По природным запасам и освоению золотых месторождений Узбекистан входит в первую десятку стран мира.

Ангренская золотоизвлекательная фабрика (далее АЗИФ) является одним из ведущих предприятий по переработке золотосодержащих руд в составе АО «Алмалыкский ГМК». Продукция, выпуска-

Таблица 1

Параметры осаждения золотосодержащего шламистого концентрата АЗИФ

Флокулянт	Скорость осаждения, мм/мин					Твёрдое в цилиндре, %	Твёрдое в осадке, %	Прозрачность
	4 мин	10 мин	15 мин	30 мин	60 мин			
Без реагентов	0,25	0,4	0,6	0,73	1,08	15,6	58,5	***
Nalco Optimer 9601 PULV, 10 г/м	2,5	3	3,2	3,1	2,4	13,5	47,6	*****
ВК819, 7 г/м+ВК 808, 3 г/м	2	2,8	3,1	3,4	2,35	16	53,3	****
ВК 819, 10 г/м	3	3,7	3,9	4,1	2,5	14,3	47,6	*****

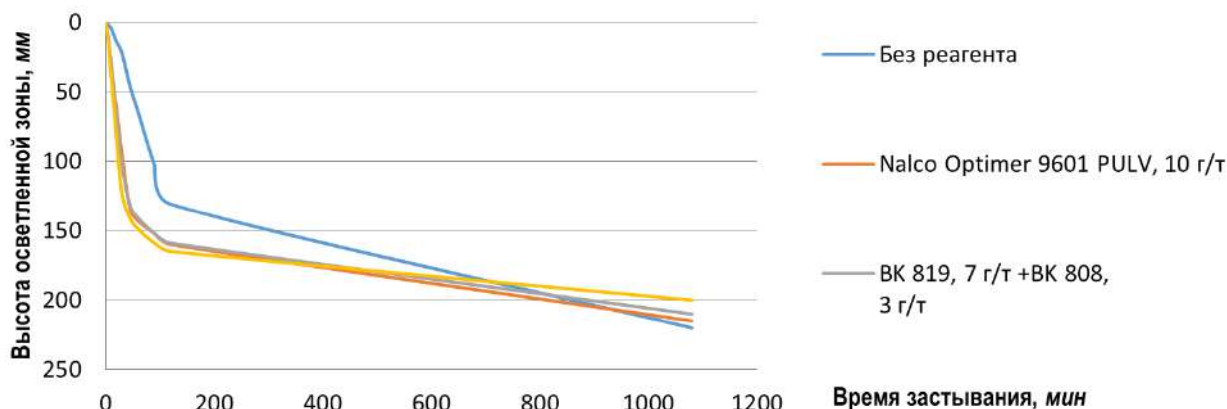


Рис. 1. График зависимости скорости осаждения золотосодержащего флотоконцентрата от времени

ея АЗИФ обеспечивает более 3% от общей производительности золота страны.

АЗИФ является основным поставщиком золотосодержащей флюсовой руды и золотосодержащего флотоконцентрата на медеплавильный завод АО «Алмалыкский ГМК». На АЗИФ выполнены ряд научно-исследовательских и экспериментально практических работ, направленных на увеличение эффективности работы сгустителя [3].

В исследовательской лаборатории АЗИФ было изучено влияние новых флокулянтов (Nalco Optimer 9601 PULV, ВК 817, ВК 819, ВК 808) на процесс сгущения и осаждения золотосодержащих концентратов и хвостов.

Nalco Optimer 9601 PULV – синтетический высокомолекулярный флокулянт. Nalco представляет собой белый гранулированный порошок и является анионным флокулянтом высокой молекулярной массы, относится к классу малотоксичных веществ. Используется в качестве флокулянта при сгущении мелкозернистых и шламистых пульп.

ВК 808 реагент пенагаситель, ВК 817 и ВК 819 новые высокомолекулярные флокулянты фирмы ВGRIMM (Китайская народная Республика).

Флокулянты Nalco Optimer 9601 PULV и флокулянты фирмы ВGRIMM (ВК 817, ВК 819) и другие вспомогательные реагенты для

загущения (ВК 808-пенагаситель) были приготовлены в виде 0,1% растворов и отложены.

Для проведения лабораторных испытаний были взяты пробы шламистого золотосодержащего концентрата массовой плотности 16% и пробы отвальных хвостов массовой плотности 24%.

В исследовательской лаборатории АЗИФ были подготовлены четыре мерные цилиндры объемом 1000 мл для отстаивания проб и промаркированы шкалами. После того, как пробы были хорошо перемешаны и загружены в цилиндры для отстаивания, в них добавлялись реагенты расходом 10 г/м. Они были оставлены для начала испытания.

С началом испытания соответствующее время отстаивания и высота осветленного слоя были зарегистрированы.

В соответствии полученными данными испытания шламистого золотосодержащего концентрата на осаждение, были получены параметры осаждения показанные в табл. 1 и кривые осаждения различных реагентов флокулянтов, представленные на рис. 1.

Для того чтобы исследовать эффект сгущения различных реагентов для сгущения хвостов, полученного с АЗИФ был проведен испытание на осаждение 3 различных реагентов (ВК 819 10 г/м, Nalco Optimer 9601 PULV 10 г/т, ВК 817 10 г/м). Полученные данные в ходе испытания приведены в табл. 2, а эффект осветления показано на рис. 2.

Таблица 2

Параметры осаждения отвальных хвостов АЗИФ

Флокулянт	Скорость осаждения, мм/мин					Твёрдое в цилиндре, %	Твёрдое в осадке, %	Прозрачность
	4 мин	10 мин	15 мин	30 мин	60 мин			
Без реагентов	1	0,7	0,86	1	1,15	23,5	57	***
Nalco Optimer 9601 PULV, 10 г/м	3	4,7	4,8	4,16	2,4	22,7	54,3	*****
ВК 817, 10 г/м	0,5	1,5	1,8	1,9	2	22,5	55,8	***
ВК 819, 10 г/м	8	9,2	8	4,8	2,7	22,7	55,1	*****

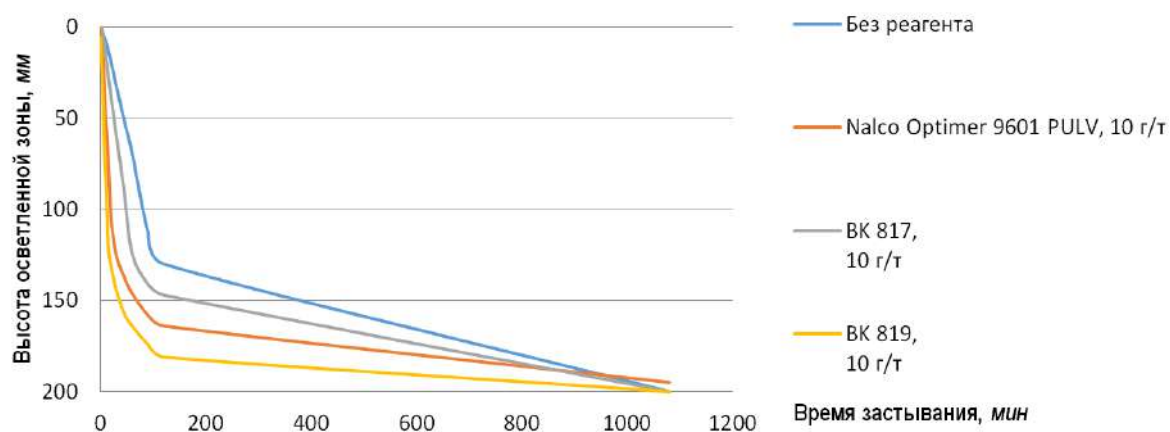


Рис. 2. График зависимости скорости осаждения отвальных хвостов от времени

На основании лабораторных испытаний можно сделать вывод о том, что наилучшие результаты были получены при использовании флокулянта ВК 819.

Для золотосодержащих концентратов ВК 819 имеют место наилучшие показатели осветления после сгущения, что способству-

ет снижению потерь благородных металлов в процессе сгущения, а для хвостов ВК 819 показал самую высокую скорость осаждения хвостов и наилучшее осветление, что способствует быстрому сгущению хвостов и создаёт условия для снижения общего объёма доставки хвостов.

Библиографический список:

1. Кузкин С.Ф., Небера В.П. Синтетические флокулянты в процессах обезвоживания. – Москва, 1963. – 5 с.
2. Клебанов О.Б. Реагентное хозяйство обогатительных фабрик. – Москва: Недра, 1989. – С. 9-11.
3. Отчёт ГУ «ИМП» Госкомгеологии РУз. «Технологические исследования золотосодержащих руд объектов Ангрэнского рудоуправления». 2020-2021 г.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА И КЛИНКЕРА ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» С ОБРАЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ФАЗЫ



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



Каримова Т.П.,
старший преподаватель
кафедры «Металлургии»
ТашГТУ им. И. Каримова



Ёкубов О.М.,
ассистент
кафедры «Металлургия»
АФ НИТУ МИСИС



Максудходжаева М.С.,
доцент
кафедры «Химия и физика»
АФ ТДТУ, к.т.н.

Мақоллада 2,0-5,5% misni o'z ichiga olgan konvertor shlaklari va metall temir va uglerod shaklida qaytaruvchi elementlarni o'z ichiga olgan klinker-rux ishlab chiqarish, shuningdek, 2,3 g/t miqdorida oltin va kumush 250 g/t ko'rinishidagi texnogen qatlamlarni pirometal-lurgik mis ishlab chiqarishda jalb qilish imkoniyati ko'rsatilgan. «Olmaliq KMK» AJda rangli va qimmatbaho metallarni kompleks olish va ulardan metallashtirilgan qotishma ishlab chiqarish maqsadida texnogen qatlamlar jalb etilgan. Mis ishlab chiqarish konvertor shlakining bir qismi aylanma mahsulot sifatida mis 75% qaytaruvchi pechida ajratib olinadi, ikkinchi qismi texnogen xomashyoga aylanib, mis xomashyosini boyitish jarayoniga. Mis boyitish fabrikasiga qaytariladi. Vanyukov avtogen pechida ular qayta ishlanmaydi, chunki pechni oksidlovchi atmosferasi bu jarayonni amalga oshirishga imkon bermaydi.

Tayanch iboralar: mis, shlak, konvertor shlaki, qayta tiklash, kambag'allashtirish, magnetit, temir, klinker, xomashyo, konsentrat.

В статье показана возможность вовлечения техногенных образований в виде конвертерных шлаков содержащие 2,0-5,5% меди, и клинкера-цинкового производства содержащие восстановительные элементы в виде металлического железа и углерода, а также золота в количестве 2,3 г/т и серебра 250 г/т, в пиromеталлургическом производстве меди. Техногенные образования вовлекаются с целью комплексного извлечения цветных и благородных металлов и получения из них металлизированного сплава на АО «Алмалыкский ГМК». Так как часть конвертерных шлаков медного производства, как оборотный продукт обедняются в отражательной печи с извлечением меди 75%, а другая часть, превращаясь в техногенное сырьё возвращается на обогатительную фабрику с низким сквозным извлечением меди, в процесс обогащения рудного сырья. В автогенной печи Ванюкова они не обедняются, так как окислительная атмосфера печи не позволяет проводить этот процесс.

Опорные слова: медь, шлак, конвертерный шлак, восстановление, обеднение, магнетит, железо, извлечение, клинкер, сырьё, концентрат.

Увеличение выхода металла из перерабатываемых руд и техногенного сырья является важным вопросом в металлургической отрасли чёрных, цветных и благородных металлов многих стран, при катастрофическом уменьшении богатых и легко вскрываемых рудных месторождений, когда в переработку поступают упорные, вкрапленные и трудно перерабатываемые руды. В связи с чем в настоящее время особое внимание уделяется на повышение комплексности использования переработки минерального сырья, а также на создание и внедрение инновационных технологий по переработке техногенного сырья металлургической отрасли [1-4].

Более 85-90% меди из минерального сырья получают пиromеталлургическим способом, при этом получается большое количество техногенных отходов в виде шлаков, пыли, технологических и топочных газов. В мировой практике медного производства особое внимание уделяется усовершенствованию технологии медного производства пиromеталлургическим способом, снижению потерь металла в техногенных отходах и их переработка.

Техногенные отходы медного и цинкового производства представляют собой серьезную проблему в регионах металлургической промышленности, поскольку они складываются в

отвалах и исчисляются миллионами тонн, представляя опасность для окружающей среды. В связи с этим наступает время в металлургической отрасли, когда в качестве дополнительного техногенного ресурса можно рассмотреть шлаки медного производства, содержащие значительное количество меди 0,7-7% и железа выше 35% [5-9].

В процессе плавки производства меди пиromеталлургическим способом в отвальных шлаках медного завода АО «Алмалыкский ГМК» присутствуют различные виды штейна в виде взвеси (рис. 1) и мельчайших капелек (рис. 2) запутывавшиеся в шлаке.

На рис. 1 и рис. 2 показаны взвесь и капельки штейна в составе шлака, за время процесса (шлако-штейнообразования) плавки в металлургических плавильных печах не успевшие осесть в донную фазу штейна (сульфиды металлов). Их можно считать, как потери металла с отвальными шлаками. Их перерабатывают пиromеталлургическими и гидрометаллургическими способами. При неприемлемости пиromеталлургического способа переработки применяется гидрометаллургический способ, он основан на растворении меди конвертерных и отвальных шлаков с высоким содержанием меди в различных растворах (кислоты, щелочи), а затем выделением его

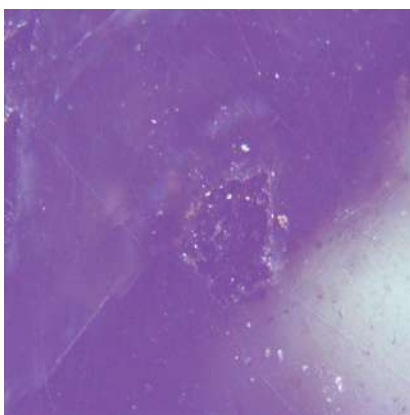


Рис. 1. Вид штейновой взвеси в отвальном шлаке

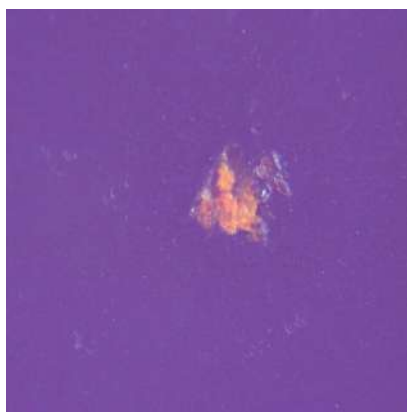


Рис. 2. Вид капельки медного штейна в отвальном шлаке

Химический состав конвертерных шлаков
АО «Алмалыкский ГМК»

Таблица 1

Номер шлака	Содержание, %								
	Cu	Zn	Pb	Fe	Fe ₃ O ₄	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	S
1.	2,95	1,95	1,3	47,0	20,7	22,5	1,95	3,20	1,0
2.	3,57	1,75	1,1	46,9	21,1	19,1	1,57	3,11	0,90

из металлсодержащих растворов производства меди, одним из известных способов является флотационный метод (также как получение концентрата из руды флотацией), который нашёл широкое применение.

Тонина измельчения конвертерного шлака до крупности 90-95% класса $-0,02$ мм (в отличие $0,074$ мм) даст увеличение извлечения в медный концентрат до 10,3%. [10-15].

В процессе производства меди пирометаллургическим способом переработку оборотного продукта конвертерных шлаков на АО «Алмалыкский ГМК» с содержанием меди 2,7-3,3% проводят часть (около 30-35%) в отражательной печи медного завода с извлечением меди, и благородных металлов 75%. А другая часть отгружается на обогатительную фабрику комбината для производства концентрата, где шлаки проходят повторное обогащение с рудой (измельчение, флотация). Так как в печи Ванюкова по технологии нельзя перерабатывать конвертерные шлаки, окислительная атмосфера печи не позволяет, что соответственно приводит к образованию больших объёмов богатых по меди конвертерных шлаков при конвертировании медных штейнов [16-17].

Конвертерные шлаки с высокой концентрацией оксидов железа в особенности в виде магнетита, растворяют больше цветных металлов, находящихся в форме сульфидной взвеси. Находясь в избыточном состоянии магнетит способен выпадать в твёрдый осадок, оседая на подину печи образуя магнетитовую настель при отражательной плавке и циркулирует в виде взвеси (грязи) при плавке в автогенной печи Ванюкова [18-19].

Ведутся исследования по снижению концентрации магнетита в шлаках медного производства, в восстановительных процессах при пирометаллургическом производстве меди, с использованием природного газа, кокса и различных техногенных отходов, содержащих восстанавливающие элементы [20-23].

Предложен двухстадийный способ обеднения шлаков автогенной плавки природным газом совместно с углём. Проведено исследование возможности получения железосодержащих сплавов из шлаков медного производства. В работе установлено, что наличие в расплаве восстановителя (угля) способствует образованию в шлаке фаялита из магнетита.

В присутствии восстановителя содержание меди в шлаке находится на уровне 0,55%, а при его отсутствии – 0,84%. Может быть использован в качестве восстановителя клинкер переработки цинкового кека в составе которого более 50% элементов восстановителей, таких как железо и углерод. Степень восстановления клинкером избыточного содержания магнетита конвертерного шлака в процессе конвертирования в первом периоде составило более 47,0%, т.е. концентрация магнетита снизилась от 21,9% до 11,8%, а концентрация меди значительно уменьшилась от её первоначального содержания с 3,6% до 1,36% [24-26].

При пирометаллургическом производстве меди, для создания безотвалных или малоотходных металлургических производств необходимы эффективные и дешёвые способы переработки сырьевых материалов и техногенного сырья различного состава и свойств.

В отвалах комбината АО «Алмалыкский ГМК» накопилось более 1 млрд 500 млн *t* техногенных отходов обогатительной фабрики, 8,5 млн *t* шлаков и в них содержится более 1,4 млн *t* меди. На цинковом производстве клинкер – техногенный отход вельцевания цинковых кеков, на сегодня в отвалах его накопилось более 450 тыс. *t*, в нём содержится золото в количестве 2,7-3,5 *г/т* и серебро 160-250 *г/т*. Техногенные образования производства в отвалах загрязняют почву, решением которого является комплексное использование отходов – это широкий и многогранный процесс, который включает в себя различные методы и технологии для максимальной утилизации и повторного использования отходов производства [5, 27-29].

Другим методом повышения степени извлечения меди является снижение её содержания в шлаках, что достигается улучшением физико-химических свойств расплавов [4-5], которое позволяет увеличить сквозное извлечение ценных компонентов, при пирометаллургическом способе производства меди, плавкой из исходного сульфидного сырья (табл. 1)

Объектом исследования настоящей работы являются промышленные конвертерные шлаки АО «Алмалыкский ГМК» химический состав которых приведён в табл. 1, а также лежалый клинкер цинкового завода комбината (табл. 2).

Из табл. 1 видно высокое содержание меди 2,95-3,57%, а также важным для плавки с целью снижения меди в конвертерном шлаке является магнетит 20,7-21,12%, количество которого снижается восстановлением клинкером цинкового производства в составе которого содержится углерод и металлическое железо (табл. 2).

Навеску 100 *г* состоящую из: 80 *г* конвертерного шлака, 20 *г* штейна, для создания плавки загружали в алундовый тигель и устанавливали в электрическую печь Naberthem с максимальной температурой нагрева 1550°C. В течение 20 *мин* после достижения задан-



Таблица 2

Химический состав текущего клинкера ЦЗ АО «Алмалыкский ГМК»

Наименование элемента, соединения	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe_{общ}</i>	<i>S_{общ}</i>	<i>C</i>	<i>CaO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>
Содержание	2,2	0,51	2,1	19,53	8,39	29,55	6,06	4,08	16,42
Наименование элемента, соединения	<i>MgO</i>	<i>Cd</i>	<i>As</i>	<i>TiO₂</i>	<i>H₂O</i>	<i>Mn₂O₃</i>	<i>Ba</i>	<i>Au</i>	<i>Ag</i>
Содержание	2,72	<0,01	0,155	0,21	0,6	0,47	2,3	3,2 <i>г/т</i>	260,27 <i>г/т</i>

Таблица 3

Экспериментальные данные восстановления конвертерных шлаков клинкером цинкового производства

№ п/п	Клинкер, %	Содержание в шлаке, %						Извлечение <i>Cu</i> , %
		<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>S</i>	<i>Zn</i>	
1.	5	1,2	46,7	18,6	2,5	2,6	0,3	51,2
2.	5	1,0	47,5	18,1	2,4	2,3	0,4	52,3
3.	10	1,13	48,5	19,4	3,7	1,9	0,41	58,3
4.	10	0,8	45,6	19,9	4,1	2,7	0,4	56,2
5.	10	0,97	47,9	20,4	3,7	2,4	0,21	57,5
6.	15	0,78	48,6	21,6	4,2	2,3	0,14	55,2
7.	15	1,01	46,4	20,5	4,7	2,2	0,21	54,7
8.	15	0,9	47,8	20,7	5,1	2,3	0,37	60,2
9.	20	1,1	45,5	21,0	2,6	2,6	0,08	58,7
10.	20	0,8	47,6	20,9	3,4	3,1	0,4	61,2
11.	20	0,9	44,7	20,5	3,7	2,9	0,4	59,4
12.	25	0,81	48,5	20,9	4,2	2,6	0,5	67,9
13.	25	0,86	46,4	21,5	4,8	2,3	0,4	65,7
14.	25	0,76	46,8	20,7	3,3	2,0	0,26	67,8

Металлическая фаза, %

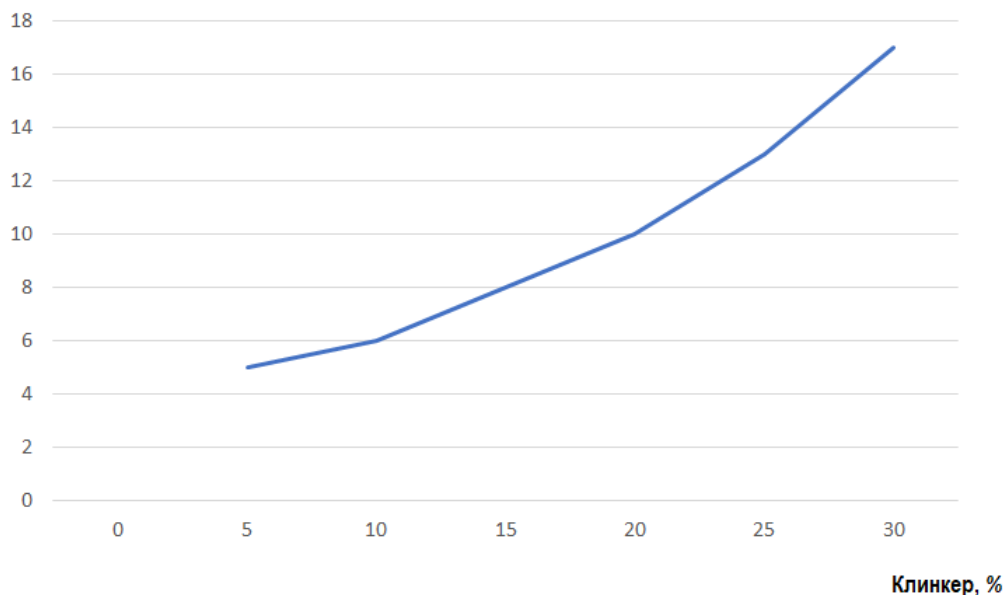


Рис. 3. Образование металлической композиции в зависимости от количества восстановителя

ной температуры 1300°C и расплавления шихты, вели отсчёт времени 120 мин.

Для исследования влияния клинкера – техногенного отхода вельцевания цинковых кеков, на результаты снижения меди в конвертерном шлаке, первая серия экспериментов была проведена с добавками различного количества восстановителя (клинкера) к исходному шлаковому расплаву.

Пробные эксперименты показали, что расход клинкера в количестве 5-30% снижает содержание меди в шлаке от 2,7-3,5 до 1,2-0,76%. При этом, содержание магнетита в шлаке снижается от 20,0

до 5,0-8,0%. Учитывая эти результаты, а также основываясь на технико-экономических расчётах, в реальных условиях исследования добавки клинкера к исходному конвертерному шлаку составили 5-25%.

Результаты лабораторных плавок, представленные в табл. 3, показали, что при взаимодействии конвертерного шлака с клинкером, в количестве от 5% до 25% в результате образовались три жидкие фазы: шлак, штейн и металлический сплав.

Навеска шлака 100 г: $T - 1300^{\circ}\text{C}$; $t - 2 \text{ ч}$; Cu в конвертерном шлаке – 3,57%.

Предполагалось, что увеличение количества восстановителя-клинкера должно повысить степень извлечения из шлака не только меди, но и железа в металлическую фазу. При этом состав шлака должен изменяться в сторону повышения содержания диоксида кремния.

Из данных рис. 3 видно, что с увеличением содержания клинкера увеличивается образование металлической фазы до 17% при добавке клинкера 25%.

Полученные результаты показали принципиальную возможность взаимодействия конвертерного шлака с клинкером, но для осуществления этого процесса требуется температура 1250-1300°C.

Выход металлической фазы (металлическая медистая компози-

ция) колеблется от 5 до 17%, в нём содержится: Fe – 85-90%; С – 2-4%; Cu – 3-5%, S – 12%.

Исследование восстановительных процессов плавки магнетита конвертерного шлака восстанавливающими элементами клинкера техногенного отхода цинкового производства показали, что расход клинкера в количестве 5-25% снижает содержание меди в шлаке от 2,95-3,57 до 1,2-0,8%. При этом содержание магнетита в шлаке снижается от 20,0 до 5,0-8,0%.

Металлическую медистую композицию можно использовать в машиностроительной и сталелитейной промышленности в виде медистой стали. Медь (0,8-3,5%) в стали повышает сопротивление к коррозии в определенных средах, понижает склонность к коррозионному растрескиванию под напряжением.

Библиографический список:

1. Хурсанов А.Х. История и перспективы развития, проблемы переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК. Материалы международной научно-практической конференции. – Алмалык: 19.04.2019 г. – С. 3-15 2.
2. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н., Абдукодилов А.А. Возможность извлечение ценных компонентов из маточных растворов образующихся при производстве медного купороса в условиях АО «Алмалыкского ГМК» // Journal of Advances in Engineering Technology, 2020. – С.67-73.
3. Санакулов К.С., Эргашев У.А., Зиминова А.А., Поперечникова О.Ю. Применение комбинированных технологий для рациональной переработки особо упорных золотосульфидных руд // Горный Журнал. – № 10. – Екатеринбург, 2023. – С. 6-10.
4. Украинцев И.В., Трубилов В.С., Клепиков А.С. Бедное, некондиционное и техногенное сырье как перспективный источник получения меди // Цветные металлы. – № 10. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 36-42.
5. Санакулов К.С. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент: «Фан», 2009 г. – 404 с.
6. Tlotlo Solomon Gabasiane, Gwiranai Danha, Tirivaviri A. Mamvura, Tebogo Mashifana and Godfrey Dzinomwa. Environmental and Socioeconomic Impact of Copper Slag-A Review. Crystals 2021, 11, 1504. <https://doi.org/10.3390/cryst11121504>.
7. T. S. Gabasiane, G. Danhaa, T. A. Mamvura, T. Mashifanab, G. Dzinomwac. Characterization of copper slag for beneficiation of iron and copper. Heliyon. Volume 7, Issue 4, April 2021. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06757>.
8. Якубов М.М., Шообидов Ш.А., Юсупходжаев А.А., Негматов С.С., Халматов М.М. Разработка и освоение технологии снижения содержания меди в отвальных шлаках медеплавильного производства Алмалыкского ГМК // Цветные металлы. – № 8. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 78-79.
9. Богатырев Д.М., Цымбулов Л.Б., Озеров С.С. Исследование распределения металлов платиновой группы и золота при обеднении шлака медно-никелевого производства газовыми смесями // Цветные металлы. – № 12. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 36-41
10. Исроиллов А.Т., Хасанов У.А., Бекбутаев А.Н., Муталибхонов С.С. Обзор и исследование по растворимости меди в шлаках медеплавильного производства. Горный вестник Узбекистана. – № 2 (81). – Навои, 2020 г. – С. 81-84.
11. Аскарлова Н.М. Возможности переработки шлаков медного производства гидрOMETаллургическим способом // Вестник науки и образования. – № 10. – Россия: Проблемы науки, 2020. – С. 36-40.
12. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Мухаметджанова Ш.А. Бекбутаев А.Н. Разработка технологии извлечения металлов из технологических растворов методом ионообменной флотации // Цветные металлы. – № 6. – Санкт-Петербург, 2022. – С.19-24.
13. Мамонов С.В., Газалеева Г.И., Дресвянкина Т.П., Волкова С.В. Повышение технологических показателей переработки отвальных шлаков медеплавильного производства на основе их медленного охлаждения и ультрамелкого измельчения // Горный журнал. – № 2. – Екатеринбург: Известия ВУЗов, 2018. – С.83-90.
14. Якубов М. М., Джумаева Х. Ю., Каримова Т. П., Максудходжаева М. С., Ёкубов О.М. Изучение технологических параметров флотационного обогащения руд Кальмакыр и Ёшлик // Композиционные материалы. – № 3.–Ташкент, 2024. – С. 86-89.
15. Нус Г.С. Обеднительная шлаковая электрорепч – технологическое долголетие // Цветные металлы. – № 2. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 59-61.
16. Ванюков А.В. Плавка в жидкой ванне. – Москва: Metallurgy, 1988. – 208 с.
17. Купряков Ю.П. Отражательная плавка медных концентратов. – М.: Metallurgy, 1976. – 350 с.
18. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Шлаки и штейны цветной металлургии – М: Metallurgy, 1969. – 406 с.
19. Купряков Ю.П. Шлаки медеплавильного производства и их переработка. – М.: Metallurgy, 1987. – 201 с.
20. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Расулова С.Н., Гуро В.П. Эффективный способ переработки цинкового кека // Узбекский химический, – № 4. – Ташкент, 2018 г. – С. 25-30.
21. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Ёкубов О.М., Максудходжаева М.С. Improvement of the technological scheme for processing zinc concentrates by hydrometallurgical method at JSC Almalik MMC. Complex use of mineral resource. No. 2. – Almalik, 2025, pp.89-96.
22. M.M Yakubov, O.M. Yoqubov, D.B. Kholikulov, M.S. Maksudhodjaeva. Depletion of converter slags to waste in the Vanyukov furnace during pyrometallurgical copper production at JSC Almalik MMC.
23. Досмухамедов Н.К., Федоров А.Н., Жолдасбай Е.Е. Распределение Cu, Pb, Zn и As между продуктами двухстадийного восстановительного обеднения высокомедистых шлаков. Цветные металлы. – № 7.– Санкт-Петербург, 2019. – С.30-35.
24. L.V. Sokolovskaya, S.A. Kvyatkovskiy, S.M. Kozhakhmetov, A.S. Semenova & R.S. Seisembayev. Effect of Reducing Agent on Structure and Thermal Properties of Autogenous Copper Sulfide Concentrate Smelting Slags // Metallurgist volume 65, 2021, pp. 529-537.
25. Маткаримов С.Т., Бердияров Б.Т., Мухаметджанова Ш.А. Исследование возможности получения железосодержащих сплавов из шлаков медного производства // Цветные металлы. – № 9. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 31-36.
26. Якубов М.М. Абдукадыров А.А., Мухаметджанова Ш.А., Ёкубов О.М. Вовлечение в производство техногенных образований на предприятии АО «Алмалыкский ГМК» // Цветные металлы. – № 5, – Санкт-Петербург, 2022. – С. 36-41.
27. Абдурахманов Д.Д., Сюзева С.Н. Комплексное использование отходов производства обогатительных фабрик с максимальной эффективностью и утилизацией // Композиционные материалы. – № 3. – Ташкент, 2024. – С. 185-187.
28. Ступин Д.Ю. Загрязнение почвы и новейшие технологии их восстановления // Д.Ю. Ступин. СПб.: Изд-во «Лань», 2009. – 432 с.
29. Орехова Н.Н., Глаголева И.В. Совершенствование технологии переработки лежалого медистого клинкера // Успехи современного естествознания. – № 6. – Москва, 2023. – С. 104-112.

ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ КРЕМНЕЗЕМА И ОРГАНИКИ В ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРАХ ПВ УРАНА, ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЮ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ



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



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



Юлдашев Ш.Ш.,
докторант
Навоийского отделения АН РУз.



Мансурова Д.,
магистрант НГГТУ

Yer osti tanlab eritish (YOTE) usuli bilan qayta ishlanadigan O'zbekistonning barcha uran konlari qumtosh deb nom topgan turiga kiradi va redoks to'sig'ida hosil bo'ladi. Bu borada, Loylikon koni, gley to'sig'ida hosil bo'lgan bazal turi deb atalmish turiga kiradi, qolgan barchasi esa rolli turlarga tegishli, yani murakkab gley-vodorod sulfidlarida. Barcha holatlarda asl qaytaruvchi vosita bu odatda diametri 1 mm dan oshmaydigan kuygan qo'tirsimon o'simlik ko'rinishidagi qumtoshdagi komir'lashgan o'simlik detritidir. (KO'D). Birgina farqi shundaki, gley to'sig'ida u uranning to'g'ridan-to'g'ri qaytaruvchisi sifatida keladi, gley-vodorod sulfidi to'sig'ida esa uranning katta qismi vodorod sulfidi bilan tiklanadi, o'z navbatida ushbu vodorod sulfidi yer osti qatlamlaridagi suvlarida sulfat ionlarining yuqorida keltirilgan KO'D tasiridagi biokimyoviy qaytarilish mahsulotidir (ushbu jarayon sulfat reduksiya reaksiyasi deb ataladi). Konditsion uran ruda koni hosil bo'lishining zarur bo'lgan boshqa shartlar qatorida, organik uglerodning (Corg) qatlamdagi miqdori kamida 0,05% bo'lishi talab qilinadi. Shu bilan birga, O'zbekistonning deyarli barcha qumtosh konlarida uran kontsentratsiyasi Corg kontsentratsiyasi bilan taqqoslanadi.

Tayanch iboralar: organik moddalar, eritma, uran, jarayon, kon, sulfat, ion, to'siq, qatlam, suv, qumtosh.

Все урановые месторождения Узбекистана, отрабатываемых методом подземного выщелачивания (ПВ), относятся к т.н. песчаниковому типу и формируются на редокс-барьере, причём месторождение Лойликен сформировано на глеевом барьере, а все остальные, относятся к ролловому типу – на комплексном глеево-сероводородном. Во всех случаях исходным восстановителем является углефицированный растительный детрит (УРД), который представляет собой рассеянные в песчанике обугленные растительные чешуйки, как правило, не превышающие 1 мм в поперечнике – с тем различием, что на глеевом барьере он является непосредственным восстановителем урана, а на глеево-сероводородном барьере значительная часть урана восстанавливается сероводородом, который является продуктом биохимического восстановления содержащихся в пластовых водах сульфат-ионов тем же УРД (т.н. реакция сульфатредукции). В числе прочих условий, необходимых для формирования кондиционного уранового оруденения, требуется содержание УРД в пласте в количестве не менее 0,05% в расчете на органический углерод (C_{орг}). При этом концентрация урана практически на всех песчаниковых месторождениях Узбекистана сопоставима с концентрацией C_{орг}.

Опорные слова: органика, раствор, уран, процесс, месторождение, сульфат, ион, барьер, пласт, вода, песчаник.

Практически все экзогенные рудные месторождения сформированы на том или ином геохимическом барьере. В частности, урановая минерализация может формироваться на эвапорационном (испарительном), нейтрализационном, сорбционном и, наиболее часто – восстановительном барьере (или редокс-барьере), который принято делить на два подвида – глеевый и сероводородный.

При этом концентрация урана практически на всех песчаниковых месторождениях Узбекистана сопоставима с концентрацией C_{орг}.

На чисто глеевом барьере уран осаждается почти исключительно в форме ураноорганики, а минералы урана образуются главным образом в виде псевдоморфоз после полного разложения ее органической составляющей, тогда как под действием сероводорода происходит прямое осаждение урана из подземных вод в форме коффинита $U(SiO_4)_2 \cdot X(OH)_4$ и настурана $UO_2 \cdot X$. Тем не менее, даже на ролловых месторождениях в среднем около трети (от 19% на Бешкок до 48% на Лойликен) урана присутствует не в минеральной, а в ураноорганической форме.

Процесс углефикации растительного детрита подчиняется тем же закономерностям, что и для другого растительного сырья, так что в песчаниках, расположенных на глубине до 1000 м, по химическому составу УРД представляет собой бурый (суббитуминозный) уголь, который является конечным продуктом разложения растительных остатков на малой глубине – в каменный уголь он метаморфозируется только при высоких температуре и/или давлении – т.е. на больших глубинах либо в зоне вулканизма (в последнем случае возможно образование антрацита и даже графита).

Древесина состоит из волокон целлюлозы, пропитанных лигнином, который представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения (рис. 1). В природе при разложении растительных остатков в первую очередь происходит аннигиляция (от лат. annihilatio – уничтожение) целлюлозы – ее полный распад без образования твердого остатка. Лигнин разлагается значительно медленнее, причем постадийно, с образованием ряда промежуточных продуктов – т.н. гуминовых веществ (ГВ), которые представля-

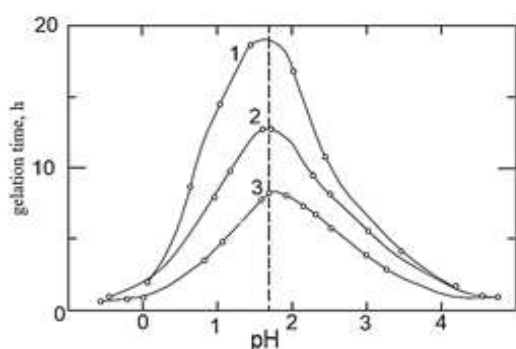


Рис. 1. Зависимость времени гелеобразования от pH для зольей кремнекислоты, приготовленных из серной кислоты и силиката натрия, при различных концентрациях золя по кремнезему: 1 – 1,08 М (65,4 г/л); 2 – 1,33 М (79,8 г/л); 3 – 1,78 М (106,8 г/л)

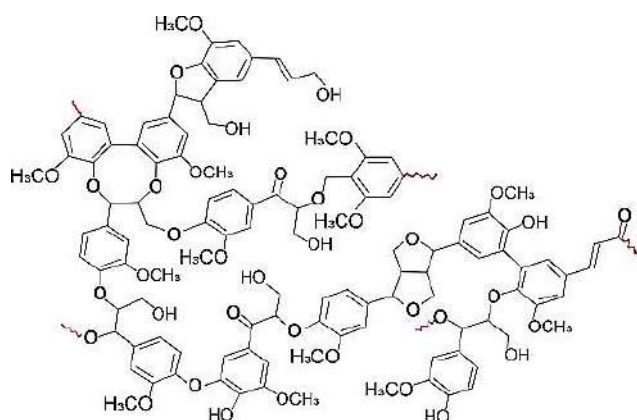


Рис. 2. Гипотетическая структура лигнина

ют собой весьма сложную по составу смесь макромолекул переменного состава (с сохранением ароматической основы лигнина) и нерегулярного строения (рис. 2).

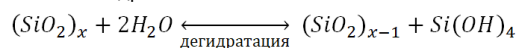
В продуктивных растворах (ПР) ПВ урана кремний может присутствовать одновременно в разнообразных формах и состояниях, поэтому в соответствии с рекомендациями наиболее представительной работы по данной тематике – в работах У.З. Шарафутдинова – для удобства и простоты для обозначения диоксида кремния SiO_2 во всех его формах (кристаллических и аморфных, безводных, гидратированных и гидроксилированных) будет использоваться термин «кремнезём».

Основными формами кремнезема в растворе принято считать:

- ортокремниевую кислоту (ОКК), которая, в зависимости от проявляемых ей в данном случае свойств, может обозначаться и как H_4SiO_4 , и как тетрагидроксид кремния $Si(OH)_4$;
- поликремниевую кислоту (олигомеры) с молекулярной массой до 100 кДа и размером частиц до 5 нм;
- коллоидный кремнезём с молекулярной массой более 100 кДа и размером частиц более 5 нм.

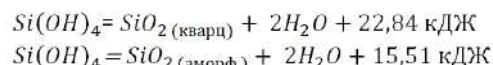
Граница между олигомерами и коллоидами произвольна и основана на общих наблюдениях – ниже её полимеры обычно нестабильны из-за процесса гелеобразования или роста частиц.

Растворение и осаждение кремнезема в воде предполагает наличие химических реакций гидратации и дегидратации, катализируемых ионами гидроксила:



Поэтому растворимость кремнезема в воде зависит от состава донной фазы и определяется теплотой гидратации: при 25°C над

частично гидратированным аморфным кремнезёмом она составляет 100÷130 мг/л (в зависимости от степени гидратации), над безводным аморфным кремнезёмом (кварцевым стеклом) – 70 мг/л, тогда как над кристаллическим кварцем – всего 6 мг/л. Согласно данным [1], тепловой эффект реакций гидратации кремнезема равен:



Расчёт по уравнению Нернста даёт для уравнений (2) и (3) значения растворимости кремнезема 0,0998 мМ = 5,995 мг/л и 1,919 мМ = 115,3 мг/л соответственно, что полностью совпадает с данными. В результате постоянно протекающей реакции растворения и переосаждения в природных водах концентрация ортокремниевой кислоты (ОКК) почти всегда находится в интервале между этими двумя значениями (в среднем в морской воде содержится 6,2 мг/л кремнезема, в речной – 13,1 мг/л; а предельно допустимая концентрация на питьевую воду допускает его максимальное содержание 21,4 мг/л). Но это – усредненные данные: очевидно, что над поверхностью частично аннигилированного УРД, насыщенного кремнекислотой она возрастает до 115 мг/л, а в безглинистых кварцевых участках песчаника снижается до 6 мг/л (при этом переосаждение кремнезема на кварц происходит в кристаллической форме). Равновесная концентрация кремнекислоты над силикатными минералами ближе к нижнему пределу: например, над монтмориллонитом, по данным, она составляет 15 мг/л. В частности, большинстве месторождений Узбекистана концентрация ОКК в подземных водах составляет от 13 до 30 мг/л.

Следует заметить, что растворимость ОКК в молекулярной форме практически не зависит от pH среды, но в щелочной среде растворимость кремнезема резко возрастает из-за образования анионов $H_3SiO_4^-$ (а в сильнощелочной среде – $H_2SiO_4^{2-}$; для ОКК $pK_{A1} = -9,7$, $pK_{A2} = 11,7$), причём при концентрации 100÷130 мг/л и ниже ОКК в любом интервале pH не склонна к полимеризации (точнее, поликонденсации) и гелеобразованию, а при более высокой концентрации в присутствии твердой фазы происходит осаждение на подложку, а в ее отсутствие – поликонденсация, скорость которой минимальна в изоэлектрической точке (ИЭТ) при $pH=2,0\div 2,2$, т.е. значениях, достаточно близких к pH ПР ПВ урана. При этом при $pH < 2$ скорость поликонденсации пропорциональна концентрации катионов водорода, а при $pH > 2,2$ – пропорциональна концентрации анионов гидроксила.

В районе ИЭТ слабо пересыщенные растворы ОКК весьма стабильны, и даже сильно пересыщенные растворы начинают полимеризоваться далеко не моментально: так, раствор с 60-кратным пересыщением начинает полимеризоваться 2-3 ч, причём через сутки полимеризуется лишь до димера – дикремниевой кислоты $H_6Si_2O_7$ (ДКК). Раствор с 17-кратным пересыщением через неделю полимеризуется на 50%, а раствор с трёхкратным пересыщением начинает полимеризоваться лишь через месяц. Согласно данным анализов, на месторождении Лойликен ПР содержится 92 мг/л кремния (что соответствует 197 мг/л кремнезема), т.е. степень пересыщения составляет всего 1,64. Это позволяет полагать, что речь идет исключительно о кремнезёме в форме ОКК и ДКК, тем более, что стандартный анализ на кремнезём (реакция с аммониймолибдатным реактивом) определяет его исключительно в этих двух формах.

В процессе ПВ урана сернокислотные растворы активно взаимодействуют с содержащимися в горно-рудной массе (ГРМ) силикатами и алюмосиликатами, выщелачивая из них ионы металлов – главным образом, натрия, калия, магния, кальция, железа и алюминия, которые переходят в раствор в виде соответствующих сульфатов. Что же касается кремния, то его поведение определяется прежде всего структурой данных силикатов. По отношению к кислотам силикатные минералы принято разделять на три группы:

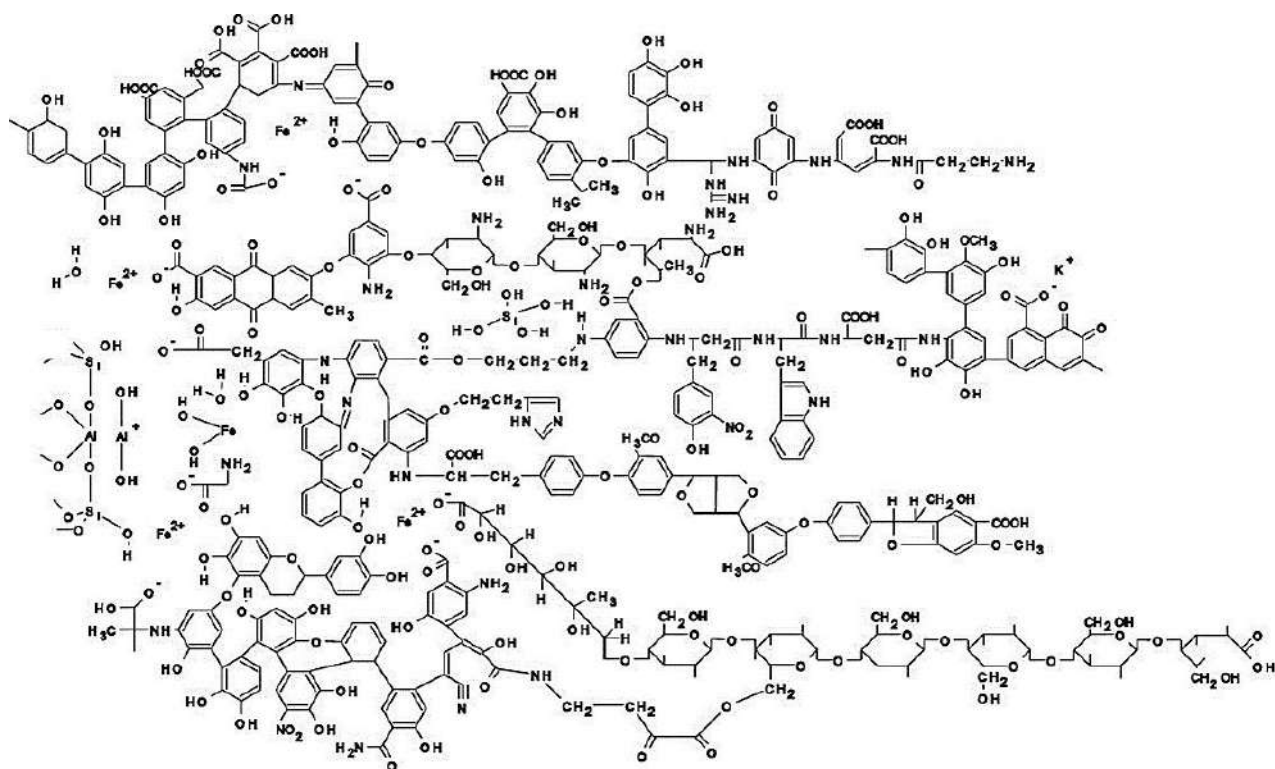


Рис. 3. Гипотетическая структура ГВ почвы

- практически не разлагаемые (кислотостойкие);
- разлагаемые с образованием негелеобразного кремнезема;
- растворимые с образованием геля кремниесилоты.

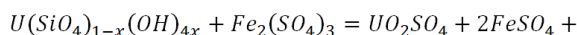
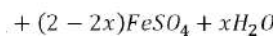
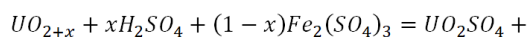
Неоднократные попытки связать растворимость силикатов с их составом, структурой кристаллической решетки или её энергетическими параметрами не привели к необходимым результатам и позволили выявить лишь некоторые частные закономерности. В частности, известно, что полевые шпаты относятся к 1-й группе (устойчивы в кислоте). Глинистые минералы, относящиеся к слоистым силикатам, относятся ко 2-й группе (после растворения вермикулита, биотита и гидрослюд остается очень тонкий белый «скелет» кремнезема с сохранением пластинчатой формы частиц; аналогичным образом, после растворения асбеста в остатке образуется волокнистый кремнезем и т.п.).

А вот островные силикаты с изолированными тетраэдрами (коффинит, а также оливин $(Mg, Fe)_2SiO_4$, ларнит Ca_2SiO_4 , монтичеллит $CaMgSiO_4$), а также алюмосиликаты с атомным соотношением $Si/Al \leq 2$ (например, нефелин $(Na, K)AlSiO_4$ и анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$) относятся к 3-й группе, причём растворяются с образованием сильно пересыщенных (до 100 г/л по кремнезёму) растворов ОКК, в котором в области ИЭТ гелеобразование наступает лишь через часы и даже десятки часов (рис. 1).

Очевидно, что сравнительно низкое содержание кремнезёма в ПР ПВ урана объясняется в первую очередь тем, что содержание указанных минералов в горно-рудной массе (ГРМ) невелико.

Рассмотрим, как влияет кремнезём на процесс выщелачивания урана при ПВ и последующие переделы.

Основными урановыми минералами ролловых месторождений являются настуран и коффинит, которые при ПВ урана выщелачиваются серной кислотой в присутствии окислителя – сульфата железа (3+), по уравнениям:



При этом ныне существующие способы обескремнивания приводят к существенной потере механической прочности смолы (при щелочном способе) либо малоэффективны, обеспечивая невысокий процент очистки смолы от кремния (при фторидном способе).

Л.И. Водолазовым и Б.Н. Ласкориним с сотрудниками было произведено обобщение имеющихся немногочисленных литературных данных по указанному вопросу и установлены некоторые закономерности процессов окремнения. Однако данный раздел прикладной гидрометаллургии по-прежнему остается одним из наименее разработанных. Прежде всего неясен механизм данного явления, поскольку окремнение присуще и катионообменным, и анионообменным материалам (последним – в большей степени). В связи с этим можно сделать предположение, что кремнезём может сорбироваться на ионитах, находясь в составе сульфогуминовых кислот (СГК), поскольку известно, что их ближайшие аналоги – лигносульфоновая кислота (ЛСК) – сорбируются как на анионитах, так и на катионитах. В пользу этого предположения говорит тот факт, что кремнезём, как и СГК, способен частично десорбироваться с ионитов, загрязняя товарный десорбат и вызывая проблемы при его переработке.

Таким образом, кремнезём отрицательно действует как на сам процесс ПВ урана, снижая скорость выщелачивания коффинита, так и на последующие переделы, отравляя ионит и загрязняя товарный десорбат. Следовательно, снижение концентрации кремнезёма в ПР ПВ урана является весьма актуальной задачей, причём если органику из-за её интенсифицирующего действия на процесс ПВ наиболее целесообразно удалять из ПР перед сорбционным переделом и затем возвращать её в оборотные маточники сорбции

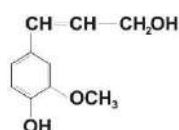
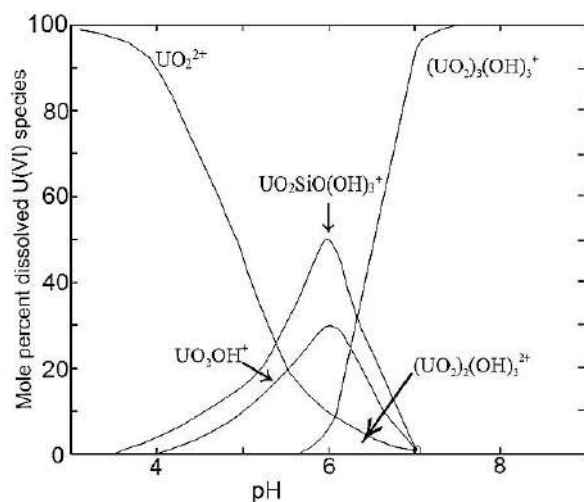


Рис. 4. Структурная формула ФПЕ лигнина

Рис. 5. Зависимость от pH распределения уранил-гидроксидных и силикатных комплексов при 25°C, и $\Sigma\text{SiO}_2 = 10^{-3}$ М и $\Sigma\text{U} = 10^{-8}$ М [1]

с целью интенсификации процесса ПВ, то кремний следует удалять окончательно (так что в случае возвращения кремнийсодержащей органики в состав оборотных выщелачивающих растворов (ОВР) возникает проблема её обескремнивания).

Согласно общепринятой классификации, ГВ по растворимости в водной среде подразделяют на нерастворимый ни в щелочах, ни в кислотах гумин и растворимые гумусовые кислоты, которые делятся на две группы: гуминовые кислоты (ГК), растворимые только в щелочной среде, и фульвеновые кислоты (ФК), растворимые в кислой, нейтральной и щелочной среде (иногда из них выделяют третью группу – гиметомелановые кислоты (ГМК), растворимые в этаноле). Гумификация лигнина протекает в следующем порядке:

лигнин → ФК → ГК → гумины

В результате внедрения в водоносный пласт кислородсодержащих ураноносных подземных вод происходит окисление УРД.

На первой стадии в качестве окислителя выступает растворённый в подземных водах кислород (т.н. аэробное окисление), на второй, после израсходования всего растворённого кислорода – сульфаты и нитраты (анаэробное окисление), в результате чего сначала образуется т.н. окисленный бурый уголь, а при дальнейшем окислении – водорастворимые органические продукты (т.н. водный гумус), которые уносятся пластовыми водами – т.е. в конце процесса окисления органика полностью переходит в раствор (т.е. аннигилирует):

гумины → вторичные ГК → вторичные ФК → бензолполикарбоновые кислоты (БПК), низшие жирные кислоты (НЖК), угле-кислота

Хотя ФК, как указывалось выше, водорастворима в широком интервале pH, но её соли (фульваты) с Mg, Ca, Al, Fe, а также комплексы ФК с кремниевой кислотой в среде, близкой к нейтральной, нерастворимы, поэтому на урановых месторождениях РК, где содержание хотя бы одного из данных элементов в подземных водах достаточно высоко, в составе окисленного УРД преобладают ФК в виде фульватов и кремнийорганических комплексов. При этом

наиболее активным накопителем урана в составе УРД являются именно ФК.

Основной структурной составляющей гуминовых веществ (мономерным звеном) является т.н. фенолпропановая единица (ФПЕ) с молекулярной массой 170÷200 и структурой $\text{C}_6\text{-C}_3$ (рис. 4).

При гумификации в ФПЕ происходит замещение метоксильных функциональных групп – OCH_3 на гидроксильные – OH (в щелочной среде) или хиноидные = O (в кислой среде). При окислении гуминов до гумусовых кислот метоксильные группы замещаются карбоксильными – COOH , а водородные группы – гидроксильными (если замещение происходит в бензольном кольце, образуются фенольные гидроксильные – $\text{OH}_\text{Ф}$, если в пропановом «хвосте» – спиртовые гидроксильные – $\text{OH}_\text{С}$). Как следствие, вторичные ГК и ФК существенно отличаются по составу от первичных: содержание в них водорода существенно ниже, поскольку метоксильные группы в их составе практически отсутствуют – зато содержание карбоксильных в них существенно выше, чем в первичных. Ионнообменными свойствами обладают как карбоксильные, так и фенольные гидроксильные, но при этом карбоксильные группы обладают достаточно сильными кислотными свойствами ($\text{pK}_\text{a} = 4,2\div 4,8$), а фенольные гидроксильные – весьма слабыми ($\text{pK}_\text{a} = 8,5\div 9,2$), поэтому карбоксильные сорбционно активны в широком интервале pH, а фенольные гидроксильные – только в щелочной среде. Различие свойств ГК и ФК (в частности, зависимость растворимости от pH) определяется именно соотношением в них указанных видов функциональных групп: ГК содержит $1,5\div 5,7$ (в среднем 3,6) г экв/кг – COOH и $3,2\div 7,8$ (в среднем 5,0) г экв/кг – $\text{OH}_\text{Ф}$, тогда как ФК содержит $6,1\div 8,5$ (в среднем 8,2) г экв/кг – COOH и $2,8\div 5,7$ (в среднем 3,0) г экв/кг – $\text{OH}_\text{Ф}$. Соответственно, нерастворимость гуминов в воде вызвана именно очень низким содержанием в нем карбоксильных [2].

Формирование песчанниковых месторождений связано именно с осаждением урана на гумусовых кислотах по хемосорбционному механизму, одна из особенностей которого заключается в том, что десорбция часто невозможна, а если и происходит, то десорбируется не исходное вещество, а продукт его химического взаимодействия с сорбентом. Так, взаимодействие ГК и ФК с уранил-ионами происходит в две стадии: на первой (протекающей в течение нескольких секунд) уранил-ионы сорбируются на карбоксильных, а на второй (протекающей в течение нескольких месяцев) происходит внутрикомплексное восстановление урана (6+) до урана (4+) фенольными гидроксильными, которые при этом окисляются в хиноидные группы, а уран изолируется в виде диоксида UO_2 , который постепенно кристаллизуется в форме настурана или коффинита.

Немаловажно, что восстанавливается при этом только уран, связанный в комплекс, но не остающийся в растворе. Таким образом, способность гумусовых кислот к накоплению урана определяется прежде всего не восстановительными, а сорбционными свойствами – поэтому ФК, уступая ГК в восстановительных свойствах, тем не менее существенно превосходят их по способности к осаждению урана.

Таким образом, поскольку восстанавливается только уран, связанный в комплекс, на глеевом барьере первоначальная форма накопления урана почти исключительно неминеральная (ураноорганическая): в минеральной форме осаждается лишь та часть урана, которая была сорбирована водным гумусом и восстановилась в жидкой фазе. Следует заметить, что ее количество может быть не таким уж малым: согласно данным, в почвенном растворе среднее содержание ГК составляет $1,8$ г/л, а ФК – $2,8$ г/л (для сравнения, содержание в нем НЖК составляет всего $6\div 44$ мг/л).

Как уже указывалось, уран (4+), образовавшийся в результате внутрикомплексного восстановления на ГК и ФК, постепенно изолируется в виде микроскопических кристаллов урановых минералов, которые впоследствии, по мере аннигиляции УРД, могут полностью

замещать органическое вещество с образованием т.н. псевдоморфоз. Ввиду того, что ФК активно сорбируют из подземных вод кремнекислоту, в большинстве случаев УРД замещается не настурраном, а коффином – в силу того известного факта, что сорбция сразу нескольких веществ катализирует реакции между ними.

Не исключен и иной механизм образования коффина, изложенный ниже. Известно, что кремнезем реагирует с ФК по разным механизмам – образуя фульваты как непосредственно с кремнеземом (выступающим в роли основания), так и с металлами, мигрирующими в виде гидросиликатных комплексов (как ионных, так и нейтральных).

Известно, что в области $pH=5,5\div 6,5$ значительная часть уранила связана в уранилсиликатный комплекс $UO_2SiO(OH)_3^+$ (рис. 4). Весьма вероятно, что ФК может связывать этот комплекс по вышеописанным механизмам с последующим внутрикомплексным восстановлением урана:

Немаловажно, что органосиликатные комплексы образуются не только вследствие сорбции кремнекислоты на УРД, но и при обратном процессе – при сорбции водного гумуса гидросиликатами.

В частности, водный гумус весьма эффективно сорбируется глинами (особенно смектитами) с образованием органоминерального комплекса.

Так откуда же берётся органика в продуктивных растворах ПР при ПВ урана? Поскольку ГК и ФК обладают достаточно сильными кислотными свойствами (для карбоксильных групп, по данным разных авторов, pK_a колеблется от 2,7 до 4,8) и при этом являются эффективными комплексообразователями, многие гуматы и фульваты не диссоциируют даже при $pH=1,5\div 2$, характерной для ПСВ урана. При этом растворимость не только ГК и ФК, но и их солей сильно зависит от pH : в интервале $pH=1,5\div 3,0$ в растворимую форму переходят гуматы и фульваты Mg , Ca , Al и Fe_{3+} [2]. Что касается урана, то он, как указывалось выше, в растворённом виде и в окислительной среде не проявляет склонности к внутрикомплексному восстановлению, но его комплексы с ГК и ФК при столь низком значении pH большей степени (хотя и не полностью) диссоциируют.

Кроме того, ГК в процессе ПСВ в существенной степени реагируют с серной кислотой с образованием т.н. сульфогуминовых кислот (СГК) – в результате сульфирования водородные группы ГК замещаются сульфогруппами – SO_3H [3-6], которые обладают гораздо более сильными кислотными свойствами, чем карбоксильные ($pK_a=0,31\div 3,23$), поэтому сульфированные ГК водорастворимы даже в большей степени, чем ФК. Достаточно сказать, что в результате сульфирования лигнина («исходного сырья») для ГК и ФК, нерастворимого в воде из-за ничтожно малого содержания карбоксиллов) образуется лигносульфовая кислота, отлично растворимая при содержании сульфогрупп всего 2 г экв/кг, причем, образующая растворимые соли (лигносульфонаты) не только с щелочными (как ФК), но и с щелочноземельными металлами.

Таким образом, органика, присутствующая в составе ПР при ПВ урана, представляет собой смесь ГК, ФК, СГК и их солей. Рассмотрим, какое влияние оказывают эти вещества на процесс ПВ и последующие переделы.

В начале XXI века на урановом месторождении «Далматовское» (Курганская область РФ) достаточно активно изучалось влияние на процесс ПВ урана ФК в качестве комплексообразующей добавки [7]. Авторами было установлено, что в присутствии добавок ФК процесс ПВ резко активизируется, концентрация урана в ПР возрастала в 1,5÷2,5 раза, а расход серной кислоты резко снизился (причем особенно сильный эффект наблюдался на стадии доизвлечения). Однако из-за высокой стоимости ФК (3200 \$/т) затраты на реагенты не окупались, и по этой причине были проведены испытания ЛСТ, как их более дешевого аналога, которые также оказались вполне успешными. В связи с этим АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» поручил

Навоийскому государственному горно-технологическому университету (НГГТУ) провести аналогичные исследования, в ходе которых было установлено, что положительный эффект обусловлен не комплексообразующими свойствами ФК и ЛСТ, а каталитическим воздействием хиноидных групп ФК и ЛСТ на процесс окисления урана и повышением скорости фильтрации ВР сквозь труднопроницаемые прослойки глин в присутствии ФК и ЛСТ, причем на этапе активного выщелачивания (когда уран выщелачивается из минеральной фазы) более важен каталитический эффект, а на этапе доизвлечения (когда уран выщелачивается преимущественно из сорбатов на глинистых минералах) на первый план выходит эффект повышения скорости фильтрации ВР через глины.

При ПВ урана оптимальной считается скорость фильтрации растворов в интервале 1÷10 м/сут. Поскольку скорость выщелачивания пропорциональна квадрату корню из скорости фильтрации, при более низкой скорости фильтрации существенно снижается скорость процесса, а при более высокой – снижается концентрация урана в ПР. Следовательно, для интенсификации десорбции урана желательно повысить не общую скорость фильтрации, а только скорость фильтрации сквозь прослойки глин и лимонита, труднопроницаемые из-за склонности к образованию вязких взвесей. При буровых работах для понижения вязкости глинистых растворов широко используются различные реагенты, самый известный из которых – т.н. углещелочной реагент (УЩР) – представляет собой смесь гуматов и фульватов натрия, получаемую путем щелочной экстракции окисленных бурых углей. Большинство из остальных понизителей вязкости являются продуктами модифицирования ЛСТ (феррохромлигносульфонат, нитрозированный и хлорированный ЛСТ и др.). Следует отметить, что ЛСТ влияет аналогичным образом и на вязкость взвеси гидрогетита $FeOOH\cdot H_2O$ (основного компонента лимонита).

В результате исследований, проведенных НГГТУ, были разработаны различные способы модифицирования ЛСТ, резко повысившие его эффективность в качестве интенсификатора процесса ПВ урана. Однако промышленного применения данный способ не нашел, поскольку выяснилось, что в последующих переделах ФК оказывает крайне негативное влияние, отравляя иониты. Объясняется это тем, что ГК и ФК сорбируются сильноосновными анионитами (эта способность, к примеру, используется при очистке природных вод от ГК и ФК), причем для многих ионитов сорбция эта лишь частично обратима, т.е. механизм сорбции, судя по всему, сильно отличается от ионообменного. Более того, сорбированные на анионите ФК способны, в свою очередь, сорбировать цветные металлы (в частности, Fe_{3+}), причем большей частью необратимо. Так, десорбировать раствором NH_4Cl с зафиксированных на анионите ФК удается не более 18% от общего количества сорбированного Fe_{3+} . По этой причине было решено отказаться от промышленного внедрения ФК на «Далматовском».

Негативное влияние ФК не ограничивается отравлением ионита: та часть ФК, которая способна десорбироваться с ионита, при экстракции вызывает образование гелеобразной коллоидной «межфазной взвеси» (т.н. «бороды», или «3-й фазы»). Известно, что ЛСТ сорбируется на ионитах обратимо (причем как на анионитах, так и на катионитах), поэтому его применение не приводит к риску их отравления. Однако на этапе десорбции ЛСТ будет переходить в товарный десорбат и, как близкий аналог ФК, несомненно будет при экстракции приводить к образованию «бороды». Поэтому в АО «НГМК» было решено отказаться также от использования при ПВ урана ЛСТ и его производных.

На процесс ПВ урана и последующие переделы влияние органики амбивалентно: она весьма эффективно интенсифицирует процесс ПВ урана, но весьма негативно влияет на последующие переделы (причем не только на ионный обмен, но и на экстракцию). Показательно, что опыт применения ФК на Далматовском показал,

что особенно сильный эффект наблюдался на стадии доизвлечения. Объясняется это просто: ФК эффективно выщелачиваются из горно-рудной массы еще на стадии закисления, а на стадии активного выщелачивания, когда кислотность ПР максимально, наиболее эффективно происходит сульфирование ГК и их вынос в ПР.

Таким образом, на этой стадии в ПР содержится большое количество «собственных» ФК и СГК, активно интенсифицирующих процесс ПВ, поэтому дополнительное введение ФК в состав ВР дает лишь незначительный эффект. На стадии доизвлечения почти все ФК и СГК из ГРМ уже извлечены, поэтому содержание их в ПР

невелико, соответственно добавка ФК на этом этапе весьма эффективна. Поскольку в процессе ПВ маточники сорбции доукрепляются кислотой и возвращаются в процесс ПВ в качестве оборотных ВР (ОВР), очевидно, что отсутствие накопления ФК и СГК в ОВР вызвано тем, что в сорбционном переделе они почти полностью сорбируются на ионите и не возвращаются в процесс ПВ.

По этой причине наиболее целесообразно не просто удалять органику из ПР перед сорбционным переделом, но и возвращать ее в оборотные маточники сорбции с целью интенсификации процесса ПВ.

Библиографический список:

1. Петухов О.Ф., Рuzиев Б.Т., Шарафутдинов У.З. Извлечение редкоземельных элементов из растворов подземного выщелачивания урана. Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 1. – Москва: Экономика и управление природопользованием, 2021. – С. 58-67. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-1-0-58-67>.
2. Ражаббоев И., Шарафутдинов У., Кадилова З., Даминова Ш., Колдаров А., Атамуратова М. Единовременная ионообменная сорбция урана с сопутствующими примесями. E3S Web of Conferences 417, 02020 (2023). GEOTECH-2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341702020>.
3. Sharafutdinov U., Razhabboev I., Kadirova Z., Nusretov R., Daminova Sh., Koldarov A., Abdurakhmonov O. Molecular simulation of competing sorption of U (VI) on the surface of clay and mineral wastes. BIO Web of Conferences 105, 02012 (2024). AEGISD-IV 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410502012>.
4. Stepanov S.I., Hoa N.T.Y., Boyarintseva E.V., Boyarintsev A.V., Kostikova G.V., Tsvadze A.Y. Separation of Rare-Earth Elements from Nitrate Solutions by Solvent Extraction Using Mixtures of Methyltri-n-octylammonium Nitrate and Tri-n-butyl Phosphate. Molecules 2022, 27, 557. <https://doi.org/10.3390/molecules27020557>.
5. Поляков Е.Г., Нечаев А.В., Смирнов А.В. Металлургия редкоземельных металлов. – Москва: Металлургиздат, 2018. – 731 с.
6. Tagayev Ilhom et al. "The Role of Medium Condition for Uranium Separation from Central Kyzykum's Low-Grade Phosphorite After Sulfuric Acid Treatment". International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, vol. 12, no. 2, Apr. 2022, pp. 668-73, <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.2.14060>.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, № 4 (99) pp. 74-69

SOURCES OF SILICA AND ORGANIC MATTER IN THE PRODUCTIVE SOLUTIONS OF URANIUM PREGNANT LIQUOR, IMPACT ON THE TECHNOLOGY OF EXTRACTION AND PROCESSING

¹Kurbanov M.A., Deputy Head, Doctor of Technical Sciences.

¹Sharafutdinov U.Z., Chief of the Department of Innovation Development, DSc, Professor.

³Yuldashev Sh.Sh., Doctoral Candidate.

⁴Mansurova D., Master's Student.

¹Central Scientific Research Laboratory of JSC "Navoi Mining and Metallurgical Combine", Navoi, Uzbekistan

²JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company», Navoi, Uzbekistan.

³Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

⁴Navoi State University of Mining and Technologies. Navoi, Uzbekistan.

All uranium deposits in Uzbekistan, developed by the method of in-situ leaching (ISL), belong to the so-called sandstone type and are formed at a redox barrier. The Loylikan deposit is formed at a gleye barrier, while all other deposits belong to the roll type – at a complex gleye-hydrogen sulfide barrier. In all cases, the initial reducer is carbonized plant detritus (CPD), which consists of charred plant scales dispersed in sandstone, typically not exceeding 1 mm in diameter. The difference lies in the fact that at the gleye barrier, it directly reduces uranium, whereas at the gleye-hydrogen sulfide barrier, a significant portion of the uranium is reduced by hydrogen sulfide, which is a product of the biochemical reduction of sulfate ions in formation waters by the same CPD (the so-called sulfate reduction reaction). Among other conditions required for the formation of conditional uranium mineralization, the CPD content in the layer must be at least 0.05% based on organic carbon (C_{org}). At the same time, the uranium concentration in almost all sandstone deposits in Uzbekistan is comparable to the concentration of C_{org} .

Keywords: organic matter, solution, uranium, process, deposit, sulfate, ion, barrier, layer, water, sandstone.

Bibliographic list:

1. Petukhov O.F., Ruziev B.T., Sharafutdinov U.Z. Extraction of rare earth elements from uranium in-situ leaching solutions. Mining Information and Analytical Bulletin. – No. 1. – Moscow: Economics and Management of Natural Resource Use, 2021. – pp. 58-67. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-1-0-58-67>.
2. Razzhabboev I., Sharafutdinov U., Kadirova Z., Daminova Sh., Koldarov A., Atamuratova M. Simultaneous ion-exchange sorption of uranium with accompanying impurities. E3S Web of Conferences 417, 02020 (2023). GEOTECH-2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341702020>.
3. Sharafutdinov U., Razhabboev I., Kadirova Z., Nusretov R., Daminova Sh., Koldarov A., Abdurakhmonov O. Molecular simulation of competing sorption of U (VI) on the surface of clay and mineral wastes. BIO Web of Conferences 105, 02012 (2024). AEGISD-IV 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410502012>.
4. Stepanov S.I., Hoa N.T.Y., Boyarintseva E.V., Boyarintsev A.V., Kostikova G.V., Tsvadze A.Y. Separation of Rare-Earth Elements from Nitrate Solutions by Solvent Extraction Using Mixtures of Methyltri-n-octylammonium Nitrate and Tri-n-butyl Phosphate. Molecules 2022, 27, 557. <https://doi.org/10.3390/molecules27020557>.
5. Polyakov E.G., Nechaev A.V., Smirnov A.V. Metallurgy of rare earth metals. – Moscow: Metallurgizdat, 2018. – 731 p.
6. Tagayev Ilhom et al. "The Role of Medium Condition for Uranium Separation from Central Kyzykum's Low-Grade Phosphorite After Sulfuric Acid Treatment". International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, vol. 12, no. 2, Apr. 2022, pp. 668-73, <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.2.14060>.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ ИЗНОСОСТОЙКИХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ



Жумаев А.А.,
доцент кафедры
«Технология машиностроения»
НГГТУ, PhD



Парлиев Р.А.,
начальник
технического отдела
ЦРМЗ АО «АГМК»

Ushbu maqolada yeyilishga bardoshli oq cho'yanlar strukturasi batafsil o'rganish natijalarini taqdim etadi, ularning kimyoviy tarkibi va mikrostrukturalarni qiyosiy tahliliga urg'u berilgan. Tadqiqotda yeyilishga bardoshli oq cho'yanlarning mikrostrukturaviy xossalari o'rtasidagi munosabatni aniqlashtirish uchun chuqur metallografik tadqiqotni o'z ichiga oladi. Ushbu tadqiqot natijalari qotishmalarda mikrostrukturalar va fazalarning shakllanish taqsimoti haqida tadqiqot natijalarini keltirilgan bo'lib, bu ularning yeyilishga qarshiligi va mexanik xossalarni tushunishga yordam beradi.

Tayanch iboralar: yeyilishga bardoshli oq cho'yan, karbid faza, yuqori legirlangan cho'yan, abraziv yeyilish, xromli cho'yan, struktura, kimyoviy tarkib, mikrostruktura, yeyilishga bardoshlilik, qattqlik, kristallanish, mikroqattqlik.

В статье представлен комплексный анализ белых износостойких чугунов с упором на сравнительную оценку их химического состава и полученной микроструктуры. Исследование включает в себя обширное металлографическое исследование, выявляющее взаимосвязь между легирующими элементами и микроструктурными свойствами чугунов. Полученные результаты дают ценную информацию об эволюции микроструктуры и распределении фаз в этих сплавах, улучшая понимание их износостойкости и механических свойств.

Опорные слова: Износостойкого белого чугуна, карбидная фаза, высоколегированный чугун, бразильный износ, хромистый чугун, структура, химический состав, микроструктура, износостойкость, твердость, кристаллизация, микротвердость.

Чугуны представляют собой особый класс материалов, свойства которых постоянно развиваются. Такая динамическая природа возникает из-за продолжающихся изменений в их химическом составе, изменений в их микроструктурных характеристиках и, как следствие, изменений в их эксплуатационных характеристиках [1-3]. Этот динамический аспект особенно актуален для износостойкого белого чугуна, объем производства которого постоянно растет вместе с расширением спектра применений. Следовательно, серьезной задачей, особенно в таких отраслях, как горнодобывающая и металлургия, является повышение экономической эффективности компонентов, изготовленных из белого чугуна. Это требует не только оптимизации их функциональных характеристик, но и улучшения их механических свойств для удовлетворения все более строгих требований к производительности [4-6].

Выбор материалов для изготовления литых деталей в различных отраслях промышленности остается актуальной и нерешенной проблемой. Сюда входят такие детали, как шнековые классификаторы, колеса, крышки, корпуса для разливочного оборудования, насосы для песка и шлака, рабочие колеса для флотационных машин и другое оборудование, используемое на перерабатывающих предприятиях [7-10]. Более того, выбор материала для таких компонентов, как детали шаровых мельниц, дробеструйные ножи и подобное оборудование, имеет первостепенное значение. Постоянная задача заключается в выявлении и оптимизации материалов, способных выдерживать суровые условия эксплуатации и строгие требования к производительности, характерные для этих разнообразных применений [11-12].

Литейный цех Навоийского машиностроительного завода в настоящее время производит более 120 тонн отливок из высокохромистого белого чугуна в месяц. Столь значительный объем производства подчеркивает способность завода удовлетворить растущий спрос на эти специализированные отливки, которые необходимы для многочисленных промышленных применений, требующих повышенной износостойкости и долговечности [13].

Методы исследования и использованные материалы. Для исследования образцы размерами 25x20x20 мм были отлиты из белых износостойких чугунов марок 280X29НЛ и 300X32Н2М2ТЛ в индукционной печи ИЧТ-2,5 (производство Россия). Кроме того, третий образец был получен путем разрезания компонентов из «подложки нижнего пандуса» С7316R (ASTM A532 II Class), отлитой на международном уровне. Такой подход обеспечивает комплексный анализ за счёт включения образцов как местного, так и зарубежного производства [21].

Химический состав образцов анализировали эмиссионным спектральным методом на спектрометре Spectro-Lab-M (производство Германия). Этот метод обеспечивает точное определение элементарных компонентов, присутствующих в образцах, предоставляя подробные данные о составе, необходимые для оценки свойств и характеристик их материалов.

Микроструктурную подготовку проводили на шлифовально-полировальной машине NERIS (производство Латвия). Подготовка заключалась в последовательном шлифовании наждачной бумагой с зернистостью от 180 до 1500 мкм. Затем поверхность была отполирована методом микрошлифовки с использованием пасты

Составы чугунов, предназначенных для изготовления наковальни

Таблица 1

Марка	Элементы, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu
280X29НЛ	2,92	0,51	0,57	0,067	0,032	28,86	1,54	0,057	-	0,2
300X32Н2М2ТЛ	2,67	1,13	0,57	0,043	0,018	31,58	1,93	0,37	0,3	0,07
ASTM A532 II Class	2,87	0,32	1,38	0,031	0,012	28,31	0,54	0,49	V = 0,06, W = 0,035	

руемых образцах определяли следующим образом: ($K_1 = 34,61\%$), ($K_2 = 37,56\%$) и ($K_3 = 40,86\%$). Эти измерения отражают долю микро-структуры, состоящей из карбидов, которая напрямую коррелирует с устойчивостью материала к абразивным условиям и его общими механическими характеристиками.

Увеличение размеров карбидных включений в чугуне отрицательно влияет на его износостойкость. Степень этого воздействия зависит от

Diamond WC. Этот тщательный процесс обеспечивает высококачественную обработку поверхности, необходимую для точного металлографического анализа и оценки микроструктурных характеристик материала.

Для выяснения микроструктурных характеристик образцы подвергали травлению раствором реагента, состоящим из 15 мл азотной кислоты, 15 мл соляной кислоты и 15 мл глицерина. Процедура травления проводилась в течение 10 мин при температуре реагента 60-65°C.

Такая химическая обработка способствует усилению структурных особенностей, делая их более отчетливыми и наблюдаемыми при микроскопическом исследовании [22].

Результаты исследования и их анализ. В качестве исследуемого материала были выбраны износостойкие белые чугуны 280X29НЛ и 300X32Н2М2ТЛ и ASTM A532 II Class, химический состав которых приведен в табл. 1.

Исключительная износостойкость высокохромистых белых чугунов объясняется, прежде всего, наличием в их микроструктуре легированных карбидов железа и карбидообразующих элементов. Эти карбиды способствуют повышению долговечности материала в условиях абразивного износа. По мере увеличения концентрации этих легирующих элементов объемная доля карбидов в чугуне соответственно возрастает, что приводит к значительному улучшению его износостойкости и общих эксплуатационных характеристик. Конкретный тип карбидов, образующихся в белом чугуне с высоким содержанием хрома, определяется соотношением хрома и углерода в сплаве. Это соотношение критически влияет на процесс образования карбидов, определяя природу и распределение карбидных фаз внутри микроструктуры.

Белые чугуны с высоким содержанием хрома достигают максимальной износостойкости, когда содержание углерода близко соответствует эвтектическому составу. При этом оптимальном уровне углерода соотношение хрома и углерода имеет решающее значение для образования карбидов, таких как $(Cr, Fe)_7C_3$, которые известны своей превосходной твердостью и износостойкостью. Это соотношение также препятствует образованию карбидов, таких как $(Cr, Fe)_3C$, которые потенциально могут ухудшить износостойкость материала. Суммарную объемную долю карбидов в анализи-

конкретных условий износа и природы используемых абразивов. Более крупные карбидные включения могут снизить износостойкость из-за изменения распределения напряжений внутри материала.

В условиях абразивного износа более крупные карбиды могут действовать как концентраторы напряжений, что приводит к локализованному увеличению напряжений, что способствует зарождению и распространению трещин. На это явление влияет взаимодействие абразивных частиц, карбидных включений и металлической матрицы. Напряжения, возникающие при абразивном воздействии, распределяются между карбидными фазами и окружающей металлической матрицей неравномерно. Более крупные карбиды могут увеличить концентрацию напряжений, тем самым ставя под угрозу общую структурную целостность материала. Следовательно, износостойкость чугуна снижается, поскольку нарушается равновесие напряжений между карбидами и матрицей, что приводит к ускоренному износу и снижению долговечности.

В белом чугуне с высоким содержанием хрома наличие крупных карбидных включений может существенно повлиять на износостойкость, особенно когда эти включения внедрены в более мягкую металлическую матрицу. В условиях абразивного износа эти более крупные карбиды подвержены растрескиванию и сколам из-за напряжений, вызванных абразивными частицами и деформациями матрицы. Величина напряжений, локализованных внутри этих включений, может привести к их преждевременному выходу из строя, тем самым снижая общую износостойкость материала.

Для изучения микроструктуры образцов применен электронный микроскоп SEM EVO Carl Zeiss MA 10.

И наоборот, более мелкие карбидные включения ведут себя иначе. Они более эффективно распределяют приложенные напряжения по металлической матрице, тем самым снижая риск катастрофического отказа. Эти более мелкие карбиды передают часть напряжения на окружающую матрицу, что помогает поддерживать структурную целостность и снижать чрезмерный износ.

Оптимальный размер карбидов зависит от условий эксплуатации. В относительно «мягких» средах износа, характеризующихся более низкой скоростью абразивности, твердостью частиц и остротой, можно использовать более крупные карбиды без значительно-

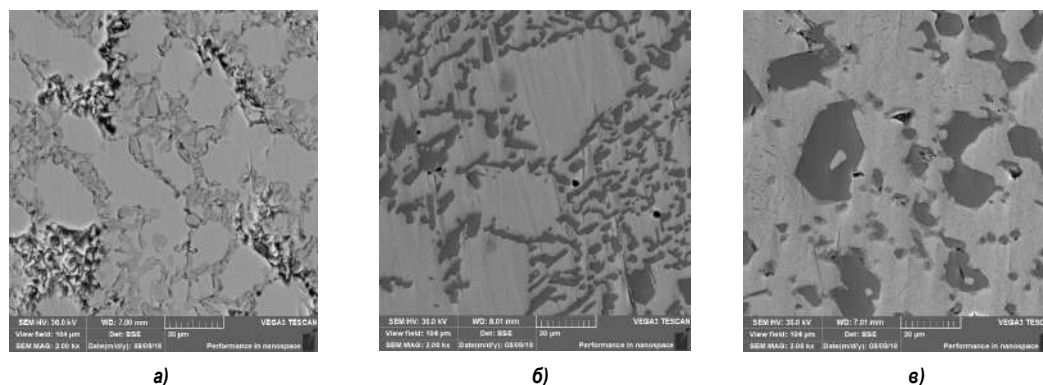


Рис. 1. Структура чугуны, при увеличениих $\times 2000$: а – 280X29НЛ; б – 300X32Н2М2ТЛ; в – ASTM A 532 II Class

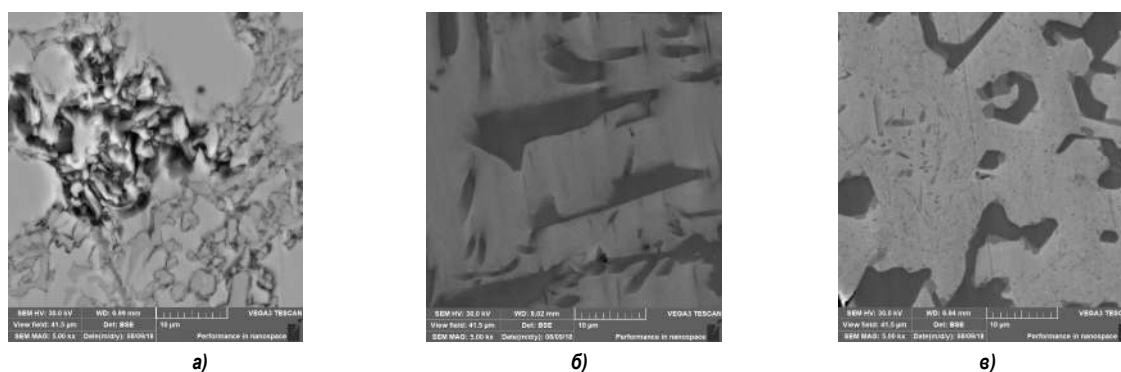


Рис. 2. Структура чугуны, при увеличениях $\times 5000$: а – 280X29НЛ; б – 300X32H2M2ТЛ; в – ASTM A 532 II Class

го ущерба для износостойкости. И наоборот, в более тяжелых условиях, когда абразивные частицы острее, тверже и крупнее, допустимый размер карбидных включений необходимо уменьшить. Эта регулировка необходима для того, чтобы материал мог выдерживать повышенные напряжения и истирание, сводя при этом к минимуму чрезмерный износ и структурные повреждения.

В образцах чугуна марки 280X29НЛ наблюдается повышенное содержание серы. Образование сульфидов железа из-за высокого содержания серы вызывает охрупчивание сплава. Это охрупчивание облегчает механизмы изнашивания, которые включают отслаивание карбидных фаз от поверхности материала. Влияние размера, распределения и ориентации карбидов внутри чугунной матрицы становится особенно выраженным в условиях ударного и абразивного изнашивания. В таких средах решающую роль в определении износостойкости материала играет прочность границы раздела между карбидами и матрицей, а также способность карбидов поглощать и перераспределять энергию удара абразивных частиц. Кроме того, было обнаружено, что на износостойкость высокохромистого чугуна влияет не только его твердость, но и пространственная ориентация карбидов типа $(Cr, Fe)_7C_3$ относительно поверхности изнашивания.

Ориентация карбидов типа $(Cr, Fe)_7C_3$ существенно влияет на их эффективность в сопротивлении абразивным силам и способствует общей долговечности чугуна. Оптимальное выравнивание и распреде-

ление этих карбидных фаз имеют решающее значение для повышения износостойкости материала в сложных условиях эксплуатации.

Таким образом, по результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Износостойкость белого чугуна с высоким содержанием хрома оптимизируется, когда соотношение хрома и углерода способствует образованию карбидов, таких как $(Cr, Fe)_7C_3$, тем самым повышая твердость и износостойкость, одновременно подавляя образование $(Cr, Fe)_3C$.

2. Более крупные карбидные включения снижают износостойкость за счет концентрации напряжений, что способствует увеличению распространения трещин, особенно в более мягких матрицах. Напротив, карбиды меньшего размера более эффективно распределяют напряжения, тем самым повышая долговечность материала.

3. Допустимый размер карбидных включений зависит от условий износа. Карбиды большего размера подходят для менее тяжелых условий эксплуатации, тогда как карбиды меньшего размера требуются для более абразивных и сложных сред.

4. Повышенное содержание серы в марке 280X29НЛ приводит к охрупчиванию и последующему выкрашиванию карбидов. Кроме того, ориентация карбидов типа $(Cr, Fe)_7C_3$ относительно поверхности изнашивания оказывает существенное влияние на износостойкость и эксплуатационные характеристики материала.

Библиографический список:

1. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны: свойства, структура, технология, эксплуатация. – Москва: Машиностроение, 2010. – 280 с.
2. Цылин И.И. Белые износостойкие чугуны. – Москва: Металлургия, 1983. – 176 с.
3. Емелюшин А.Н., Мирзаев Д.А., Мирзаева Н.М. Металловедение, физика и механика применительно к процессу обработки графитированных материалов. Структура и износостойкость инструментов. – Москва: Машиностроение, 2002. – 200 с.
4. Барановский К.Э., Ильющенко В.М., Дувалов П.Ю. Получение отливок из износостойких чугунов в комбинированных формах и кокилях // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы VI МНТК. Минск, ФТИ НАН Беларуси, 14–16 сентября 2011г. – С. 18–22.
5. Жумаев А.А., Барановский К.Э., Мансуров Ю.Н., Ахмедов Х.И. Результаты исследования структуры отливок из белых износостойких чугунов // Черные металлы, № 2 (1082). – Москва: Руда и металлы, 2022. – С. 4-10.
6. Барановский К.Э., Урбанович Н.И., Басалай И.А., Ильющенко В.М., Дувалов П.Ю. Износостойкость хромистых чугунов // Сб. докл. XIII МНТК «Чтения памяти В.Р. Кубачека». Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Екатеринбург, 16-17 апреля 2015 г. – С. 310–314.
7. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Маматкулов Дж.Дж., Абдуллаев К.С. Фазовые превращения в сплавах железа с углеродом, легированных редкоземельными и переходными металлами. // Черные металлы, № 11 (1067). – Москва: Руда и металлы, 2020. – С. 22-29.
8. Марукович Е.И. Получение отливок из износостойких хромистых чугунов в комбинированных формах / Е.И. Марукович, В.М. Ильющенко, П. Ю. Дувалов. Перспективные материалы и технологии; под ред. В. В. Клубовича. Витебск, 2013. Гл. 1. – С. 9–35.
9. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Куликов В.Ю., Ахмедов Х.И. Легирование чугунов марок 280X29НЛ и 330X17Л с целью повышения их качества. // Черные металлы, № 2 (1094). – Москва: Руда и металлы, 2023. – С. 4-9.
10. Марукович Е.И. Исследование формирования в кокиле отливок из специальных износостойких чугунов для изготовления деталей центробежных дробилок / Е.И. Марукович, В.А. Пумпур, Г.П. Короткин, П.Ю. Дувалов // Сб. тр. Междунар. науч. техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2015. Беларусь», Жлобин, 21-22 октября 2015 г. – С. 23-31.
11. 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.
12. Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Маматкулов Дж.Дж., Улугов Г.Д. Оптимизация состава и структуры износостойких белых чугунов, используемых в горнодобывающей промышленности. // Черные металлы, № 12 (1068). – Москва: Руда и металлы, 2020. – С. 4-10.
13. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Ахмедова Т.Ш., Пережогин В.Ю. Информативность морфологии структур твердых сплавов для прогноза качества наплавов // Цветные металлы. № 12 (858). – Москва: Руда и металлы, 2017. – С. 78-83.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА В СУЛЬФИДНОМ КОНЦЕНТРАТЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АУМИНЗО-АМАНТАЙСКОГО РЕГИОНА



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



Хамидов Х.Х.,
профессор кафедры «Металлургия» НГГТУ, д.т.н.



Рогожников Д.А.,
заведующий научной лабораторией Федерального государственного автономного образовательного учреждения Высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина» (ФГАОУ ВО УРФУ), д.т.н., проф.



Фузайлов О.У.,
доцент кафедры «Металлургия» НГГТУ, PhD

Tadqiqot obyekti – O‘zbekistonning Avminzo-Amantay konidan olingan oltin sulfidli flotatsion konsentrat. Tadqiqotning maqsadi – o‘rganilayotgan omillarning flotatsion konsentratni keyingi gidrometallurgik qayta ishlashga ta‘sirini baholash va ikki karra murakkab tarkibli xomashyodagi oltin tarkibli birikmalarning destruksiya darajasini oshirishdan iborat. Oltin, uglerod, pirit, arsenopirit va boshqa minerallarining 4 fraksiya bo‘yicha taqsimlanishi aniqlandi. O‘rganilayotgan flotatsion konsentratning asosiy komponentlarida oltinning lokalizatsiyasi va miqdori aniqlandi. Tadqiqotda skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM-EDS) va induktiv bog‘langan plazma mass-spektrometriyasi (LA-ICP-MS – Thermo XSeries 2, New Wave UP213 lazer ablyasiyasi) usullari qo‘llanildi.

Tayanch iboralar: murakkab oltin tarkibli sulfidli konsentrat; flotatsion konsentrat; SEM-EDS; LA-ICP-MS; pirit; arsenopirit; uglerod; granulometrik tarkib; oltinning taqsimlanishi.

Объектом исследования является упорный золотосульфидный флотационный концентрат руды Ауминзо-Амантайского региона. Целью исследования является оценка влияния изучаемых факторов на последующую гидromеталлургическую переработку флотационного концентрата и повышение степени вскрытия золотосодержащих соединений исследуемого сырья двойной упорности. Определено распределение золота, углерода, пирита, арсенопирита и минералов пустой породы по 4 фракциям. Определено локализации и содержания золота в основных компонентах исследуемого флотационного концентрата. Используются методы микроскопии (SEM-EDS) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (LA-ICP-MS - Thermo XSeries 2 с системой лазерного пробоотбора New Wave UP213).

Опорные слова: упорный золотосодержащий сульфидный концентрат; флотационный концентрат; SEM-EDS; LA-ICP-MS; пирит; арсенопирит; углерод; гранулометрический состав; распределение золота.

Добыча золота остается одной из важнейших отраслей промышленности в мире, что обусловлено высоким спросом на драгоценный металл в различных секторах экономики. По мере истощения легкодоступных месторождений золота фокус смещается в сторону разработки более сложных руд, включая упорные сульфидные золотосодержащие руды. Эти руды представляют значительные трудности с точки зрения обработки и извлечения, требуя инновационных и экономически эффективных технологий для обеспечения устойчивости и экономической жизнеспособности золотодобывающих предприятий.

Всестороннее понимание минералогических характеристик этих сложных руд имеет решающее значение для разработки эффективных стратегий переработки. В этом отношении важную роль играют такие факторы, как определение золотосодержащих минералов, ассоциации золота с другими элементами, а также характеристики сульфидной матрицы. Исследования авторов [1, 2] подчеркнули важность минералогических исследований для выявления причин упорного поведения золотосодержащих руд, обращая особое внимание на роль современных аналитических методов в определении распределения золота. Подобным образом, исследования авторов [3, 4, 5] по извлечению золота из упорных арсенопиритовых концентратов продемонстрировали важность понимания минеральных ассоциаций и распределения элементов для оптимизации технологических схем.

Присутствие углеродистого вещества в упорных золотосодержащих рудах может существенно влиять на извлечение золота. Углеродистое вещество может адсорбировать золото или золотосодержащие комплексы, препятствуя их извлечению традиционными методами. В исследовании авторов [6, 7] изучалось влияние углеродистого вещества на выщелачивание золота из упорных руд, выявляя механизмы, посредством которых углерод влияет на извлечение золота. Их результаты подчеркнули необходимость методов предварительной обработки для смягчения неблагоприятного воздействия углеродистого вещества на извлечение золота.

Ауминзо-Амантайский регион представляет собой перспективных месторождений золота с потенциалом внести значительный вклад в золотодобывающую промышленность Узбекистана. Для эффективного освоения золотых ресурсов этих месторождений необходимо провести комплексное исследование технологических характеристик его руд, включая распределение золота в рудной матрице. Понимание природы и распределения золота в руде имеет решающее значение для разработки соответствующей стратегии переработки, которая максимизирует извлечение золота при одновременной минимизации воздействия на окружающую среду и эксплуатационных расходов. Настоящее исследование посвящено изучению гранулометрического состава флотационного концентрата, полученного из сульфидных руд месторождений Ауминзо-Амантайского региона, и распределения золота в этом концентрате.

Таблица 1

Распределение основных минералов исследуемого флотационного концентрата, золота и органического углерода по фракционному составу

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание соединений										
		Пирит	Арсенопирит	Рутил	Анортит	Мусковит	Кварц	Хлорит	Альбит	C _{орг}	Au	Прочее
-0,5+0,1	12,7	19,37	16,51	4,19	13,85	8,46	9,59	17,10	12,74	1,41	13,62	8,30
-0,1+0,045	16,8	33,88	32,11	7,24	7,24	7,74	7,40	22,11	16,34	5,46	15,00	21,89
-0,045+0,015	8,8	9,72	11,66	8,13	6,93	6,57	9,32	9,04	13,57	3,18	11,53	10,73
-0,015	61,7	37,03	39,72	80,44	71,99	77,23	73,68	51,74	57,35	89,96	59,85	59,08
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Примечание: C_{орг} - Органический углерод.

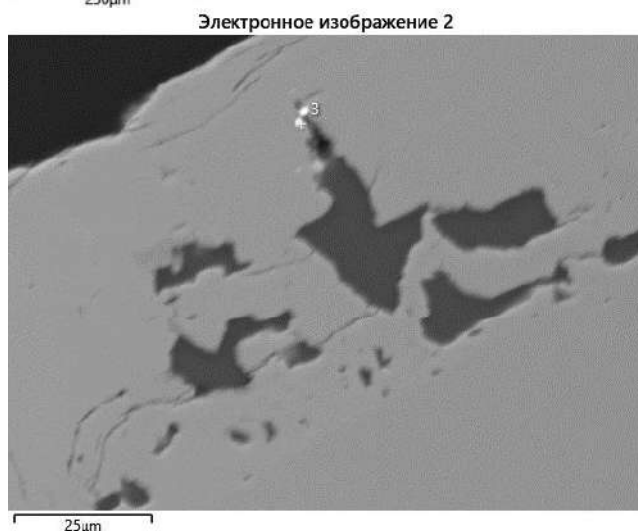
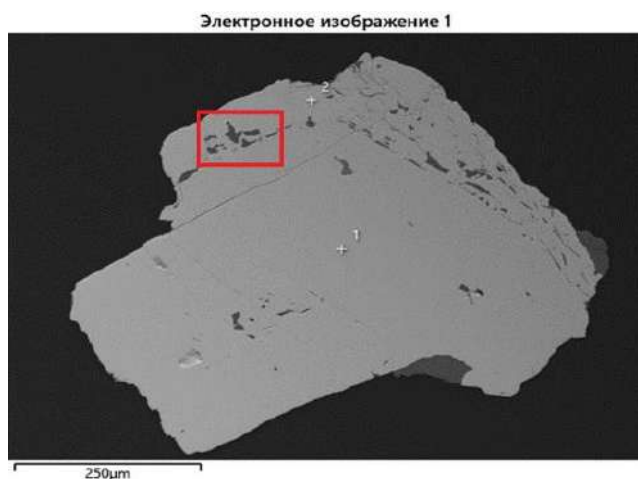


Рис. 1. Микрофотография среза частицы пирита исследуемого флотоконцентрата сульфидной руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона

те.

Результаты этого исследования позволят получить ценную информацию о природе золотого оруденения на месторождениях Ауминзо-Амантайского региона, что поможет в разработке эффективных и устойчивых процессов извлечения золота. Выявляя ассоциацию золота с различными минералами и влияние углеродистого вещества, данное исследование направлено на содействие развитию технологий переработки золота и устойчивому развитию золотодобывающего сектора Узбекистана.

В исследовании используется сочетание передовых аналитических методов, включая сканирующую электронную микроскопию с

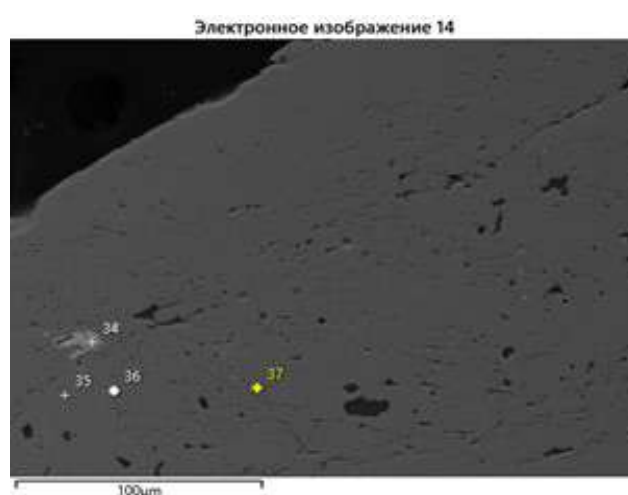


Рис. 2. Микрофотография среза частицы исследуемого флотоконцентрата сульфидной руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона

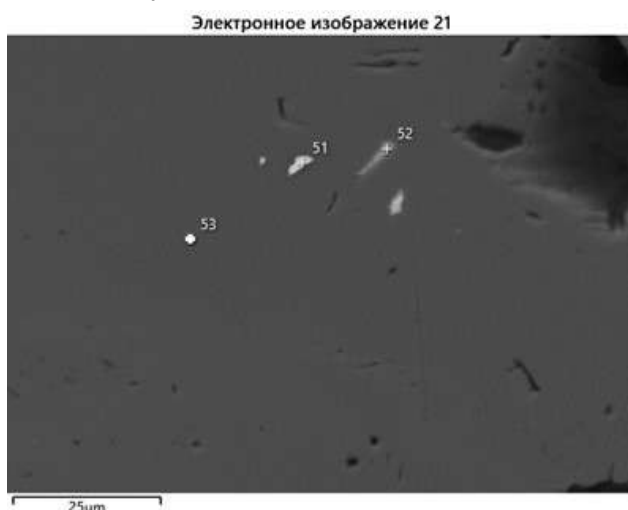


Рис. 3. Микрофотография среза частицы пирита исследуемого флотоконцентрата сульфидной руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона

энергодисперсионным анализом (SEM-EDS) и масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой с лазерной абляцией (LA-ICP-MS), для детальной характеристики флотационного концентрата и распределения золота в нем. Эти методы позволяют идентифицировать золотосодержащие минералы, определять концентрации золота и оценивать ассоциацию золота с другими элементами. Результаты этих анализов будут способствовать пониманию проблем,

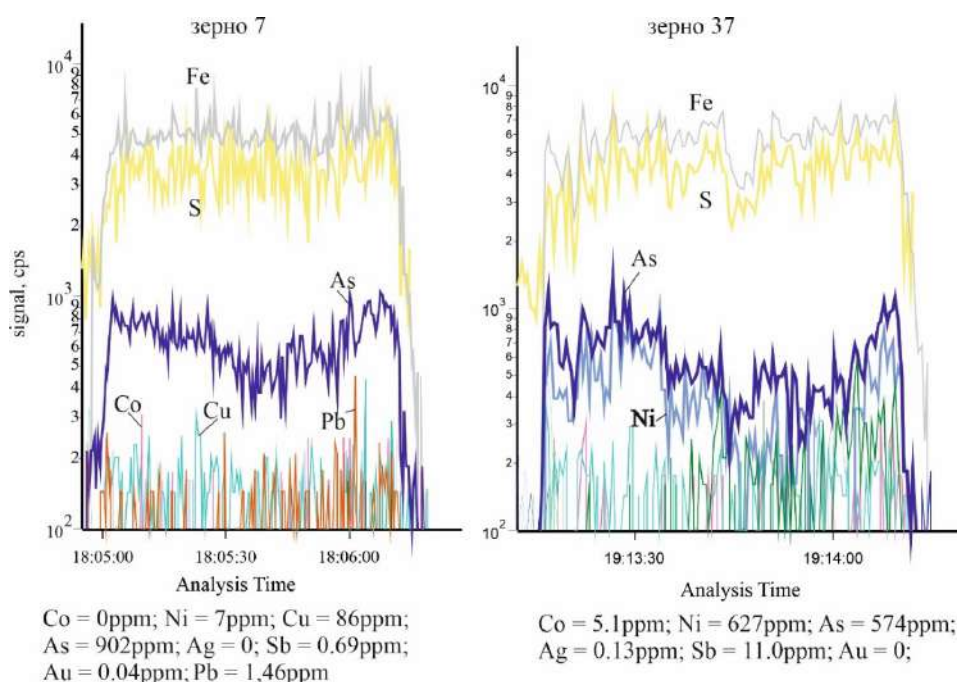


Рис. 4. Пирит, обедненный элементами-примесями: а – только с примесью As (зерно 7); б – As и Ni (зерно 37). Остальные элементы-примеси, включая Au и Ag, присутствуют на пределе обнаружения

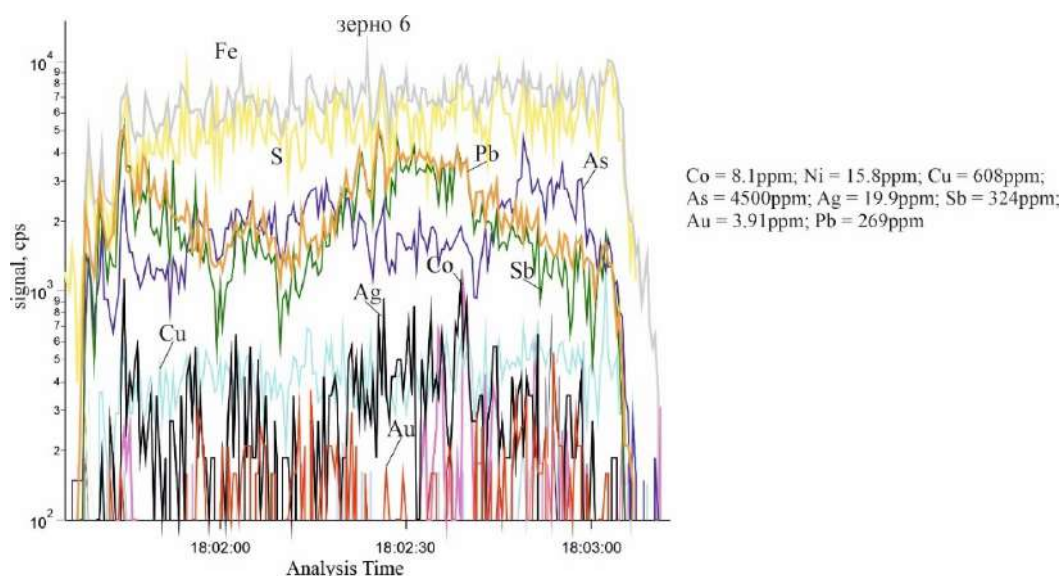


Рис. 5. Относительно равномерное распределение элементов-примесей в пирите с максимально высоким (из проанализированного материала) равномерно распределенным содержанием Ag и небольшим количеством золота

связанных с переработкой упорных сульфидных золотосодержащих руд, и разработке стратегий по преодолению этих проблем.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся упорный золотосульфидный флотационный концентрат руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона.

Для установления распределения золота, его соединений и органического углерода во фракционном составе исследуемого флотационного концентрата были проведены исследования granulometric composition of samples.

Элементный анализ проводился методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (РФС).

Для определения содержания золота в исследуемом флотационном концентрате использовался пробирный метод анализа «Методика определения массовых долей золота и серебра в пробах золотосодержащих руд и продуктов их переработки пробирным методом и массовой доли золота пробирно-атомно-абсорбционным методом»

Анализ на углерод проводился на элементном анализаторе CHN PE 2400 Series II, Perkin Elmer Instruments, и EuroEA 3000 EuroVector Instruments.

Навеску флотационного концентрата массой 1 кг промывали под струей воды на ситах до получения прозрачной воды на выходе. Промытый концентрат, оставшийся на ситах, помещали на фар-

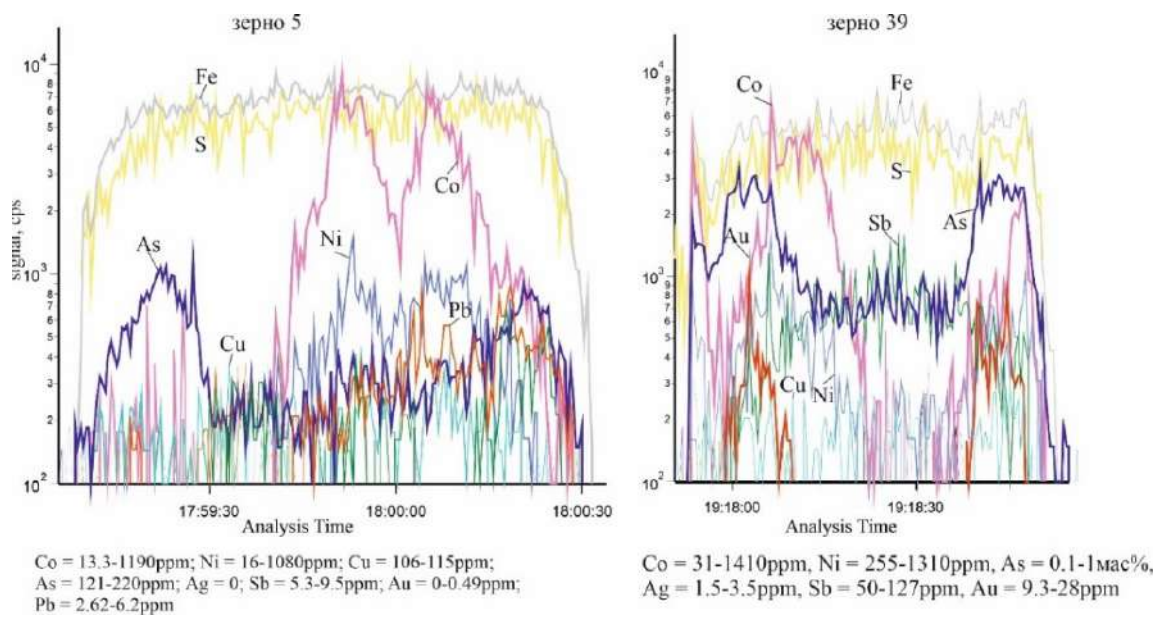


Рис. 6. Зёрна пирита с зонами, обогащёнными примесями Co и Ni

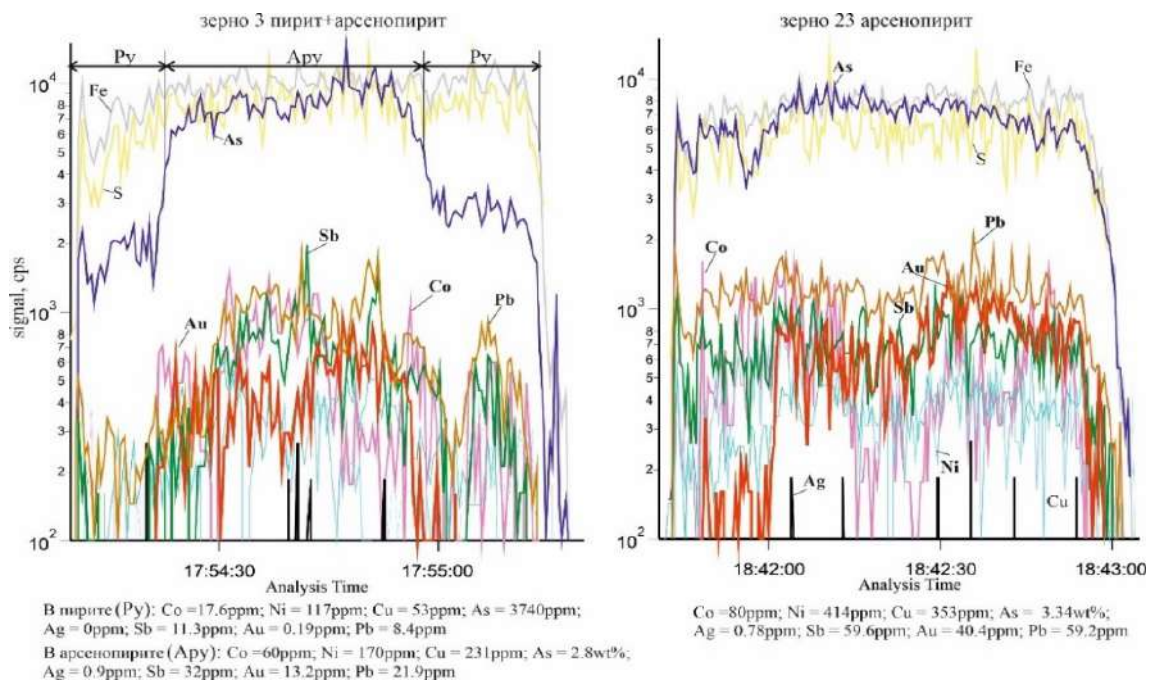


Рис. 7. Элементы-примеси в сростании пирит + арсенопирит и в зерне арсенопирита. Повышенные содержания большинства примесей и золота тяготеют к арсенопириту

форовые чашки и сушили в сушильном шкафу при температуре 80°С до установления постоянной массы.

После сушки, пробы взвешивали, усредняли и отправляли на лазерную дифракцию, пробирный анализ и фазовый анализ.

Образцы исходного флотационного концентрата были разделены на три фракции - 0,16-0,1 мм, 0,1-0,05 мм и менее 0,05 мм, и были проанализированы методом сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом (SEM-EDS, микроскоп JSM-5610LV с приставкой JED-2300).

Исследования проводились методом LA-ICP-MS (квадрупольный масс-спектрометр Thermo XSeries 2 с системой

лазерного пробоботбора New Wave UP213) по стандартной методике. Анализы выполнялись профилированием (борозда) 40 зерен пирита, отобранных из фракции -0,5...+0,25 мм.

Отобранная проба исследуемого золотосодержащего сульфидного материала была полностью растворена с использованием микроволновой системы пробоподготовки и проанализирована на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой XPEC 6500 D.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований гранулометрического состава флотационного концентрата представлены в таблице 1.

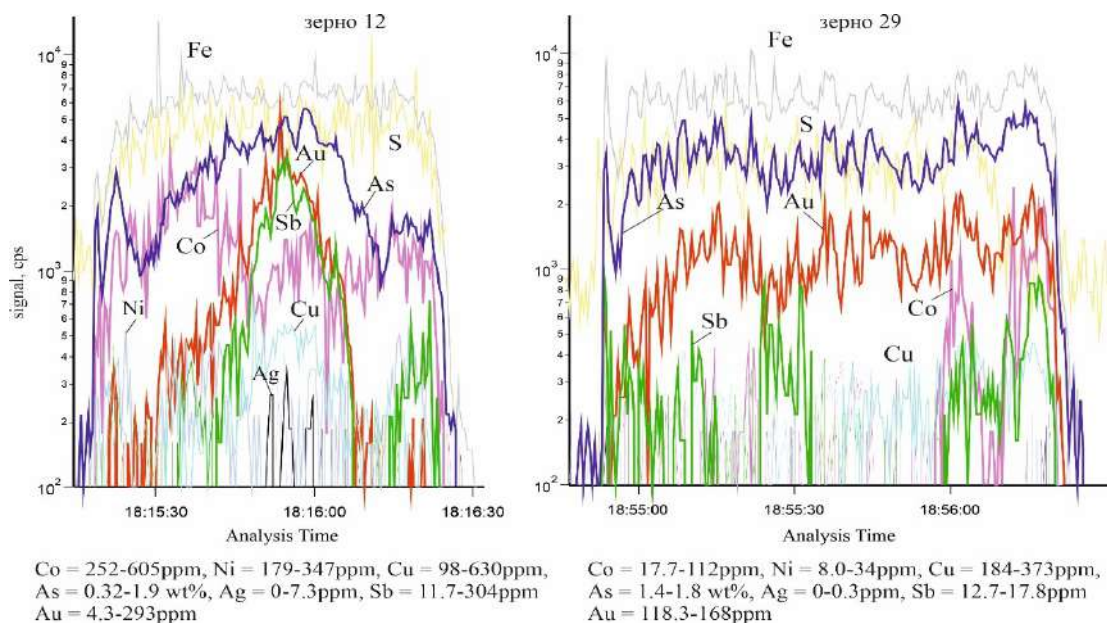


Рис. 8. Зёрна с максимально высоким содержанием золота (зерно 12 – пик содержания золота в центральной части кристалла совпадает с пиками содержаний As, Sb, Cu и отчасти Co

Исследования локализации и содержания золота в компонентах флотационного концентрата сульфидной руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона проводились методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с лазерной абляцией пробы (LA-ICP-MS квадрупольный масс-спектрометр Thermo XSeries 2 с системой лазерного пробоотбора New Wave UP213):

Пирит, по наличию и соотношению элементов-примесей, разделяется на несколько групп, вероятно, отвечающих разным ассоциациям. Так, встречается пирит, практически не содержащий примесей, кроме мышьяка (500–900 г/т) (рис. 4). Второй тип пирита содержит повышенные, относительно равномерно распределенные примеси сурьмы, свинца, меди, мышьяка и серебра (до 20 г/т) (рис. 5), а золото в этом пирите – до 4 г/т. Более распространены зерна пирита с зонами повышенных примесей кобальта и никеля, но примесь золота появляется только с увеличением содержания мышьяка (рис. 6). Неравномерное распределение золота коррелирует с повышенными содержаниями мышьяка в пирите.

Стабильно высокое содержание золота по всему проанализированному зерну, с достаточно равномерным распределением его в пирите, свидетельствует о присутствии в нем “невидимого” золота, которое не фиксируется оптическими методами или методами сканирующей электронной микроскопии.

Проведенные аналитические исследования пробы исследуемого флотационного концентрата сульфидной руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона с использованием сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа SEM-EDS и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с лазерной абляцией пробы LA-ICP-MS позволили установить, что преимущественное присутствие золота во всех видах, как в свободном виде отдельных микрочастиц, так и в виде субмикронного “нанозолота”, связано с сульфидами - пиритом, мышьяковистым

пиритом и арсенопиритом. Золото в исследуемом материале представлено также в виде сростаний, сплавов и микровключений с медью, серебром, ртутью, сурьмой и свинцом.

Заключение

Исследования флотационного концентрата сульфидной руды месторождений Ауминзо-Амантайского региона показали, что значительная часть золота (почти 60%) и органического углерода (более 90%) сосредоточена в мелкой фракции (менее 15 мкм), и преимущественно связано с сульфидами: пиритом, мышьяковистым пиритом и арсенопиритом. Золото встречается как в свободном виде, так и в виде субмикронного “нанозолота”. Выявлены различные типы пирита, отличающиеся по наличию и соотношению элементов-примесей: пирит практически без примесей, кроме мышьяка; пирит с повышенными примесями сурьмы, свинца, меди, мышьяка и серебра (до 20 г/т), золото в этом пирите – до 4 г/т; пирит с зонами повышенных примесей кобальта и никеля, примесь золота коррелирует с содержанием мышьяка. В сростаниях пирит + арсенопирит золото преимущественно концентрируется в арсенопирите (до 40 г/т), но встречается пирит с очень высокими содержаниями золота (168 и 293 г/т). Золото также встречается в виде сростаний, сплавов и микровключений с медью, серебром, ртутью, сурьмой и свинцом.

Высокая концентрация органического углерода (более 90%) в мелкой фракции флотационного концентрата (менее 15 мкм) указывает на необходимость отдельного изучения его состава и происхождения. Детальное исследование позволит определить влияние органического углерода на извлечение золота, а также оценить его потенциальную роль в сорбции золота. Однако изучение влияния органического углерода на извлечение золота не являлось целью настоящего исследования.



Библиографический список:

1. Санакулов К. и др. Патент РУз № IAP 05134. Способ извлечения золота из упорных сульфидных золото-мышьяковистых руд. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Узбекистан. 17.11.2015.
2. Санакулов К., Хамроев И.О. Перспектива, свойства и формирование нанозолота. Типизация ультрадисперстных нанозолотосодержащих руд. Классификация форм нахождения проявлений природного золота с агрегацией свободного нанозолота // Цветные металлы. - 2021. - №9 (145). - С. 5-28.
3. Li, X., & Zhang, S. (2020). Mineralogical characterization of refractory gold ores: A review. *Minerals Engineering*, 158, 106587
4. Laflamme, Y., Moroz, P., & McMullen, J. (2005). A mineralogical investigation of the refractory behaviour of gold in the Lupin Mine deposit, Nunavut, Canada. *The Canadian Mineralogist*, 43(4), 1113-1133.
5. Санакулов К., Эргашев У.А., Хамроев И.О., Фузайлов О.У. Новый подход к вопросу классификации упорных золотосодержащих руд на примере месторождений Кызылкумов // Цветные металлы. - 2023. - С. 22-29.
6. Санакулов К., Хамроев И.О. Освоение месторождений упорных золотосодержащих руд Центральных Кызылкумов Западного Узбекистана // Золотодобыча. - 2022. - №7 (284). - С.68-73.
7. Санакулов К., Эргашев У.А., Доберсек А. Совершенствование технологии переработки углистых золото-мышьяковистых упорных руд Узбекистана // Горный журнал. - 2018. - С. 61-63.
8. Санакулов К., Эргашев У.А. Комбинированная схема переработки особоупорных золотосодержащих руд // IV Международный металлургический саммит (металлы и сплавы). - Екатеринбург, 2022. - 44 с.
9. Amer, A.M. (2013). Treatment of carbonaceous gold ores: A review. *Hydrometallurgy*, 133, 1-16

«GORNII VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, № 4 (99) pp. 78-83

FEATURES OF GOLD DISTRIBUTION IN THE SULFIDE CONCENTRATE OF THE AUMINZO-AMANTAISKOE ORE FIELD

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

²Khamidov Kh.Kh., Professor at the Department of Metallurgy, Professor.

³Rogozhnikov D.A., head of scientific laboratory, Doctor of Technical Sciences, Professor.

⁴Fuzailov O.U., Associate Professor at the Department of Metallurgy, PhD.

¹Navoi State University of Mining and Technologies. Navoi, Uzbekistan.

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin"

The object of the study is the refractory gold-sulfide flotation concentrate of ore from Auminzo-Amantai ore field. The purpose of the study is to evaluate the influence of the studied factors on the subsequent hydrometallurgical processing of flotation concentrate and increase the degree of liberation of gold-containing mineral compounds of the investigated raw material of double refractoriness. The distribution of gold, carbon, pyrite, arsenopyrite and gangue minerals in 4 fractions was determined. Localization and gold content in the main components of the studied flotation concentrate were determined. The methods of Scanning electron microscopy (SEM-EDS) and inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS - Thermo XSeries 2 with laser sampling system New Wave UP213) were used.

Key words: refractory gold-bearing sulfide concentrate; flotation concentrate; SEM-EDS; LA-ICP-MS; pyrite; arsenopyrite; carbon; particle size distribution; gold distribution.

Bibliographic list:

1. Sanakulov K. et al. Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP 05134. Method for extracting gold from refractory sulfide gold-arsenic ores. Registered in the State Register of Inventions of the Republic of Uzbekistan. 11/17/2015.
2. Sanakulov K., Khamroev I.O. Prospects, properties and formation of nanogold. Typification of ultradisperse nanogold-containing ores. Classification of forms of occurrence of natural gold manifestations with aggregation of free nanogold // Non-ferrous metals. - 2021. - No. 9 (145). - P. 5-28.
3. Li, X., & Zhang, S. (2020). Mineralogical characterization of refractory gold ores: A review. *Minerals Engineering*, 158, 106587
4. Laflamme, Y., Moroz, P., & McMullen, J. (2005). A mineralogical investigation of the refractory behaviour of gold in the Lupin Mine deposit, Nunavut, Canada. *The Canadian Mineralogist*, 43(4), 1113-1133.
5. Sanakulov K., Ergashev U.A., Khamroev I.O., Fuzailov O.U. New approach to the classification of refractory gold-bearing ores using the Kyzylkum deposits as an example // Non-ferrous metals. - 2023. - P. 22-29.
6. Sanakulov K., Khamroev I.O. Development of refractory gold-bearing ore deposits in the Central Kyzylkum Desert of Western Uzbekistan // Gold Mining. - 2022. - No. 7 (284). - P. 68-73.
7. Sanakulov K., Ergashev U.A., Doberssek A. Improvement of the technology for processing carbonaceous gold-arsenic refractory ores of Uzbekistan // Mining Journal. - 2018. - P. 61-63.
8. Sanakulov K., Ergashev U.A. Combined scheme for processing highly refractory gold-bearing ores // IV International Metallurgical Summit (metals and alloys). - Ekaterinburg, 2022. - 44 p.
9. Amer, A.M. (2013). Treatment of carbonaceous gold ores: A review. *Hydrometallurgy*, 133, 1-16

АНОМАЛИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА — ПРЕДВЕСТНИКИ ОПОЛЗНЕЙ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ



Раджапов С.А.,

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



Муллагалиева Ф.Г.,

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



Нурбоев К.М.,

зам. директора по науке Навоийского отделения АН РУз., к.ф.-м.н.



Раджапов Б.С.,

младший научный сотрудник Физико-технического института АН РУз

Yer qobig'ida doimiy ravishda sodir bo'ladigan deformatsiya jarayonlari atmosferaga radonning kirib borishi intensivligining o'zgarishiga olib keladi, bu yer osti deformatsiya jarayonlarining zaruriy sharti bo'lishi mumkin. Tuproq havosidagi radonning hajmiy faolligining o'rganish yer qobig'dagi deformatsiya jarayonlari va zilzilani oldindan aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Radon va gamma nurlanish faolligining hajmli faolligini kuzatish uchun yuqori sezgir kremniy detektorlari bo'lgan radiometrlar keng qo'llaniladi. Bunday qurilmalarni ishlab chiqish va takomillashtirish dolzarb vazifadir.

Biroq, zilzila radon anomaliyasini keltirib chiqaradimi yoki aksincha, radon anomaliyasi undan oldin sodir bo'ladimi, degan fikr hali ham mavjud emas. Bu savolga javob berish uchun geologik va tektonik tuzilishi ma'lum bo'lgan hududda uzoq muddatli kuzatishlar davomida katta hajmdagi tajriba ma'lumotlarini tahlil qilish kerak. Bunday tahlilni o'tkazish uchun O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Fizika-texnika instituti tajriba stansiyasida o'tkazilgan radon monitoringi natijalari eksperimental asos sifatida olindi.

Tayanch iboralar: kremniy detektor, radiometrik qurilma; alfa, beta va gamma nurlanishi; radon, radon hajmiy faolligining anomaliyalari, zilzila xabarchisi.

Деформационные процессы постоянно протекающие в земной коре вызывают изменение интенсивности поступления радона в атмосферу, что может являться предпосылками деформационных процессов в недрах Земли. Исследование всплесков объемной активности радона в почвенном воздухе может применяться для прогноза деформационных процессов земной коры и землетрясений. Для мониторинга объемной активности радона и активности гамма излучения нашли широкое применение радиометры с высокочувствительными кремниевыми детекторами. Разработка и усовершенствование таких устройств является актуальной задачей.

Однако до сих пор отсутствует единое мнение относительно того, землетрясение вызывает радоновую аномалию или наоборот – радоновая аномалия предшествует ему. Для ответа на этот вопрос необходимо провести анализ большого количества экспериментальных данных за длительный промежуток времени наблюдений в районе с известным геолого-тектоническим строением. В качестве экспериментальной базы для проведения анализа были взяты результаты радонового мониторинга, выполненного на экспериментальной станции ФТИ АН РУз.

Ключевые слова: кремниевый детектор, радиометрическое устройство; альфа, бета и гамма-излучение; радон, аномалии объемной активности радона, предвестник землетрясения.

Предвестники деформационных процессов – это явления происходят обычно задолго до возникновения землетрясения. Они бывают различного рода, такие как деформация грунта, изменения уровня моря, микросейсмичность, уровня грунтовых вод, потоков нефти, содержания радона и т.д. Эти явления служат основой для прогнозирования трёх основных параметров землетрясения места и времени возникновения и магнитуды сейсмического события [1].

Среди многочисленных потенциальных предвестников землетрясений существуют наиболее теоретически обоснованный и исследовательски подтвержденные – аномалии объемной активности радона, которые активно используются в настоящее время.

Деформационные процессы постоянно протекающие в земной коре вызывают изменение интенсивности поступления радона в атмосферу, что может являться предпосылками деформационных процессов в недрах Земли.

Исследование всплесков объемной активности радона в почвенном воздухе может применяться для прогноза деформационных процессов земной коры и землетрясений. Установлено также, что

концентрация радона может отражать степень обогащения им подземных трещин и, следовательно, информацию о геологических трещинах и напряженном состоянии оползневого тела. Анализ радоновых аномалий может быть использован в качестве независимого самостоятельного метода для оценки состояния оползня и обеспечения объективной научной основы при оценках стабильности горных склонов [2].

В данной статье приводятся результаты мониторинга радиометрическим устройством, состоящим из двух радиометров.

Первый радиометр с гетеропереходным детектором для измерения объемной активности радона.

Второй радиометр с литий дрейфовым детектором для регистрации гамма излучения.

Детекторы в радиометрах большой площади и с высокой степенью плоскопараллельности обеспечивают измерения энергии заряженных частиц по всей чувствительной площади.

Для проведения мониторинга использовалось радиометрическое устройство, состоящее из двух радиометров, с высокочувствительными детекторами большой площади, которые могли прово-

дить одновременные одно временные измерения объемной активности радона и гамма излучений. Измерения почвенного воздуха проводились на исследовательской станции ФТИ АН РУз. Как было отмечено, в каждом из радиометров использовался определенный тип детектора. Технология изготовления детекторов, используемых в радиометрах описана в работах [3, 4]. Благодаря малым потерям энергии со стороны «входного» и «выходного» окон детекторов реализуются одновременные измерения по всей чувствительной области в 2π-геометрии.

Блок-схема радиометрического устройства представлена на рис. 1 и состоит из следующих элементов [5, 6]: двух рабочие камер с детекторами, узлов усиления и селекции информации (аналоговая часть), микроконтрольного узла (цифровая часть), узлов вторичного электропитания и воздухозаборника. Персональный компьютер с установленным программным обеспечением визуализирует и документирует результаты измерений [7]. С помощью радио сигнала от GSM-модуля можно наблюдать за измерениями в режиме реального времени с любого принимающего устройства, например с телефона.

Схема микроконтроллера узла который используется в устройстве и обеспечивает полную автономную работу по регистрации излучений дана в работе [8].

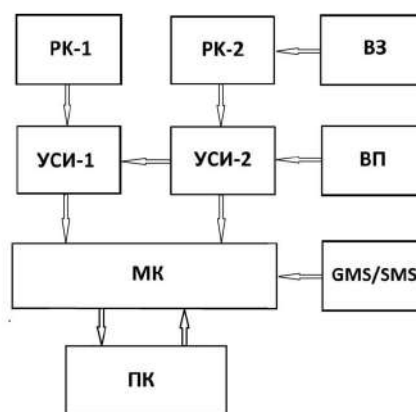


Рис. 1. Блок-схема радиометрического устройства: PK-1, PK-2 – рабочие камеры с детекторами; УСИ-1, УСИ-2 – узлы усиления и селекции информации; МК – микроконтроллер; ВП – узел вторичного электропитания; ВЗ – воздухозаборник; ПК – персональный компьютер с установленной программой, обеспечивающий одновременные измерения объемной активности радона и гамма излучения в онлайн режиме

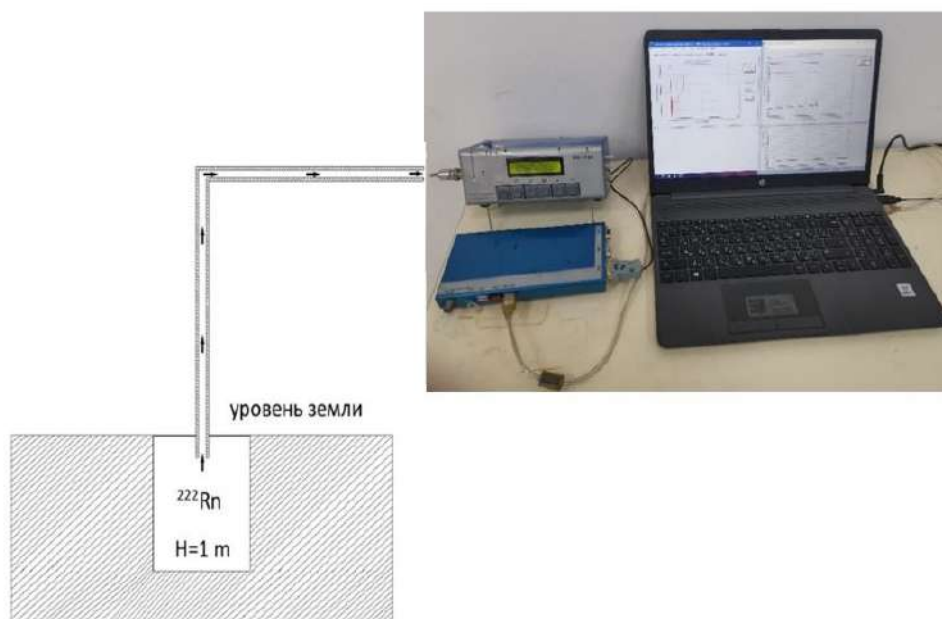


Рис. 2. Схема автоматической регистрации радона в почвенном воздухе и радиометрическая установка

На рис. 2 показана схема автоматической регистрации радона в почвенном воздухе на глубине 1 м и радиометрическая установка для одновременного измерения объемной активности радона и гамма излучения.

Исследуемый воздух закачивается в рабочие камеры с детекторами, которые установлены на объект исследования. Детекторы в камерах установлены таким образом, что могут проводить измерения с двух сторон. На детекторы подается напряжение 24-30 В через RC-цепи от вторичного преобразователя напряжения, совместно с зарядочувствительными предусилителями.

Устройством были проведены исследования объёмной активности радона и гамма излучений, температуры и влажности в почве на исследовательской станции ФТИ АН РУз (рис. 3). Прибор одновременно измеряет температуру и влажность.

В табл. 1 представлены регионы Центральной Азии, где про-

изошло землетрясение. Исследования показали, что землетрясение происходит после аномального всплеска объемной активности радона.

Радиометрическим устройством, состоящим из двух радиометров, с детекторами большой чувствительной площади и тонкими мертвыми слоями «входного» и «выходного» окон. Это позволяло проводить измерения малоинтенсивных заряженных частиц по всей чувствительной области в 2π-геометрии. Персональный компьютер с установленной разработанной программой в комплекте устройства показывает одновременные измерения радиометрами объёмной активности радона и активности гамма излучения в режиме онлайн. Были проведены измерения с 16 февраля до 5 марта 2024 г. За данный период гамма излучение не наблюдалось. Аномальные всплески объемной активности радона были сопоставлены с землетрясениями за данный промежуток времени.

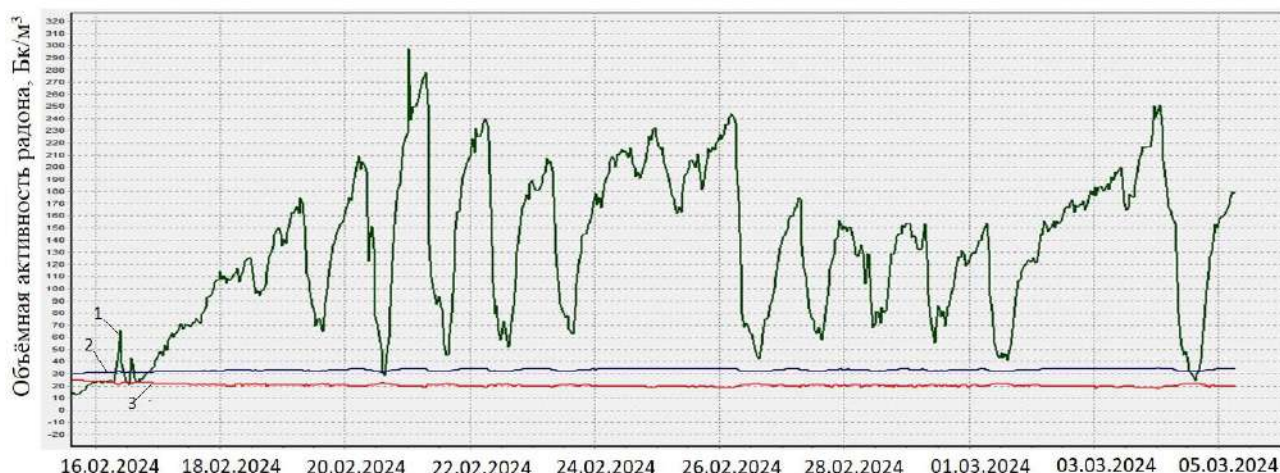


Рис. 3. Динамика эксхалляции объёмной активности радона перед тектоническими землетрясениями сопоставлены по последним землетрясениям в регионе Центральной Азии за период 16.02.2024-5.03.2024 [9]: 1 – изменение интенсивности объёмной активности радона во времени; 2 – изменение влажности во времени; 3 – изменение температуры во времени

Землетрясения, происходящие в Центральной Азии за период 16.02.2024-5.03.2024 [9]

Таблица 1

Дата	Время (UTC)	Магнитуда	Глубина	Расстояние до эпицентра землетрясения	Местоположение
18.02	11:20	4,9	10	311	Афганистан
19.02	18:40	4.1	150	262	Афганистан
20.02	22:47	4.3	9	132	Афганистан – Таджикистан
21.02	12:57	4,5	98	289	Афганистан – Таджикистан
23.02	04:08	4.4	10	842	Кыргызстан
23.02	04:28	4.6	10	223	Афганистан
23.02	22:58	5.0	10	833	Кыргызстан
25.02	04:15	5.4	10	827	Кыргызстан
26.02	01:28	4,5	10	830	Кыргызстан
26.02	12:28	4.3	10	855	Кыргызстан
26.02	14:20	4.3	10	834	Кыргызстан
26.02	17:46	4.4	10	855	Кыргызстан
27.02	14:18	4.3	3	832	Кыргызстан
28.02	01:17	4.3	10	866	Кыргызстан
03.03	07:05	4.3	153	405	Таджикистан
03.03	09:24	4.4	11	834	Кыргызстан
04.03	06:29	4.6	10	400	Туркменистан
04.03	07:54	4,5	10	842	Кыргызстан

Результаты исследований показали, что в период деформационных процессов земной коры наблюдается активность эксхалляции радона и как следствие через 6-40 ч происходит землетрясение. На рис. 3 представлена динамика эксхалляции радона перед тектониче-

скими землетрясениями. За период с 16.02.24г.-5.04.24 г. произошло 19 землетрясений с магнитудами 4,1-5. Расстояние до эпицентров землетрясений составляет до 900 км. Время между активностью концентраций радона и землетрясением составило от 6 до 14 ч.

Библиографический список:

1. Имме Д., Морелли Д. Исследование и анализ землетрясений – статистические исследования. – Катания: Изд. ИнТех, 2021г. – С. 143-160. ISBN 978-953-51-0134-5.
2. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Ревазов М.О. Взаимосвязь эманации радона с уровнем внешнего воздействия на основе мониторинга крупных оползней в горных районах. – Владикавказ: Владикавказский научный центр РАН, 2021 г. – Том 13. – № 4 (50). – С. 564-575.
3. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.A., Radzhapov B.S., Zufarov M.A., Nurboev K.M., Akhmedov G.M. Development of High-Efficiency Silicon Detectors and Electronic Components for a Radiometer of Alpha Radiation. – Moscow: Instruments and Experimental Techniques, 2021. – Vol. 64. – № 3, – pp. 444-449.
4. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.G., Radzhapov B.S., and Zufarov M.A. Development of a large-sized highly sensitive detector based on α -Si-p-i-n heterostructures for radonmeters. – Moscow: Atomic Energy, 2022. – Vol. 131. – No. 6, pp. 344-346. DOI 10.1007/s10512-022-00892-2.



5. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Лутпуллаев С.Л., Пиндюрин Ю.С., Хусамидинов С.С., Юткин С.В. Устройства для измерения объемной активности радона в воздухе. Патент РУз № IAP 04882. Ташкент, 2010 г.
6. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Муллағалиева Ф.Г., Зуфаров М.А., Раджапов Б.С. Устройство для измерения объемной активности радона в воздухе, воде и почве. Полезная модель РУз №FAP 02142. Ташкент, 2020 г.
7. Раджапов Б.С., Эргашев К.Э. Ионлаштирувчи нурланishi кайд қилувчи GSM модулли "Алфаметр", "Бетаметр" ва "Гаммамметр" қурилмаларининг микроконтроллерга дастури таъминоти. Свидетельство на программные продукты РУз № DGU 18817. Ташкент, 2022 г.
8. Нурбоев К.М., Муллағалиева Ф.Г., Отабоев С.К., Маринов И.И. Разработка многоканального радиометра на основе кремниевых детекторов больших размеров для экологических исследований. – Навои: Горный вестник Узбекистана, 2023 г. – № 4 (95). – С.72-74. DOI:10.54073/GV.2024.4.95.018.

«GORNII VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, No. 4 (99), pp 84-87

ANOMALIES IN RADON VOLUME ACTIVITY ARE PRECURSORS OF LANDSLIDES AND DEFORMATION PROCESSES OF THE EARTH'S CRUST

¹**Radzhapov S.A.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Chief Researcher.
¹**Mullagalieva F.G.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher.
²**Nurboev K.M.**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Deputy Director for Science.
¹**Radzhapov B.S.**, Senior Researcher, PhD.

¹**Physical-Technical Institute, Uzbekistan Academy of Sciences. Tashkent, Uzbekistan.**
²**Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. Navoi, Uzbekistan.**

Deformation processes constantly occurring in the earth's crust cause changes in the intensity of radon entering the atmosphere, which can be a prerequisite for deformation processes in the bowels of the Earth. The study of bursts of radon volumetric activity in soil air can be used to predict deformation processes in the earth's crust and earthquakes. Radiometers with highly sensitive silicon detectors have found wide application for monitoring radon volumetric activity and gamma radiation activity. The development and improvement of such devices is an urgent task.

However, there is still no consensus on whether an earthquake causes a radon anomaly or, conversely, a radon anomaly precedes it. To answer this question, it is necessary to analyze a large amount of experimental data over a long period of observation in an area with a known geological and tectonic structure. The results of radon monitoring performed at the experimental station of the Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan were taken as an experimental basis for the analysis.

Key words: silicon detector, radiometric device; alpha, beta and gamma radiation; radon, anomalies of radon volume activity, earthquake precursor.

Bibliographic list:

1. Imme D., Morelli D. Study and Analysis of Earthquakes – Statistical Studies. – Catania: InTech Publishing, 2021. – pp. 143-160. ISBN 978-953-51-0134-5.
2. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Revasov M.O. Relationship between radon emanation and the level of external impact based on monitoring of large landslides in mountainous regions. – Vladikavkaz: Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2021. – Vol. 13. – No. 4 (50). – pp. 564-575.
3. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.A., Radzhapov B.S., Zufarov M.A., Nurboev K.M., Akhmedov G.M. Development of High-Efficiency Silicon Detectors and Electronic Components for a Radiometer of Alpha Radiation. – Moscow: Instruments and Experimental Techniques, 2021. – Vol. 64. – № 3, – pp. 444-449.
4. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.G., Radzhapov B.S., and Zufarov M.A. Development of a large-sized highly sensitive detector based on α -Si-p-i-n heterostructures for radonometers. – Moscow: Atomic Energy, 2022. – Vol. 131. – No. 6, pp. 344-346. DOI 10.1007/s10512-022-00892-2.
5. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Lutpullaev S.L., Pindyurin Yu.S., Khusamidinov S.S., Yutkin S.V. Devices for measuring the volumetric activity of radon in the air. Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP 04882. Tashkent, 2010.
6. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.G., Zufarov M.A., Radzhapov B.S. A device for measuring the volumetric activity of radon in air, water and soil. Utility model of the Republic of Uzbekistan No. FAP 02142. Tashkent, 2020.
7. Radzhapov B.S., Ergashev K.E. Ionlashtiruvchi nurlanishi kaid qiluvchi GSM modules "Alphameter", "Betameter" and "Gammameter" kurilmalarining micro-controller dasturi taminoti. Certificate for software products of the Republic of Uzbekistan No. DGU 18817. Tashkent, 2022.
8. Nurboev K.M., Mullagalieva F.G., Otaboev S.K., Maripov I.I. Development of a multichannel radiometer based on large-size silicon detectors for environmental research. – Navoi: Mountain Bulletin of Uzbekistan, 2023 – No. 4 (95). – P.72-74. DOI:10.54073/GV.2024.4.95.018.9. ds.iris.edu/seismon/index.phtml Recent earthquakes in the Central Asia region.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОРНЫЕ ПОРОДЫ



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



Худайбердиев О.Ж.,
доцент кафедры
«Высшая математика и
информационные технологии»
НГТУ, PhD



Джураева Н.М.,
старший преподаватель кафедры
«Высшая математика и
информационные технологии»
НГТУ



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

Ushbu maqola tashqi omillarga, ya'ni eksponent ta'siriga qarab pastki teshikning harakatini va quduqdagi bosimni aniqlash muammosini hal qiladi. Yuz harakati tenglamasining qisman yechimlari olinadi, ular doimiy koeffitsientlar va boshlang'ich shartlarga ega bo'lgan ikkinchi tartibli bir jinsli bo'lmagan differentsial tenglama shaklida ko'rib chiqiladi. Shuningdek, quduq bo'ylab yuzning harakatlanishi $z(t)$ va quduqdagi P bosimi uchun mos keladigan echimlar qiymatlari jadvallari olingan.

Tayanch iboralar: quduq, to'xtash, portlash, bosim, portlash, differentsial tenglama, eksponensial ta'sir, tashqi ta'sir, portlovchi moddalar, kon jinsi.

В данной статье решается задача определения движения забойки и давления в скважине в зависимости от внешних факторов, а именно от экспоненциальное воздействие. Получены частные решения уравнения движения забойки, рассмотренное в виде неоднородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами с начальными условиями. Также, получены таблицы значений соответствующих решений для движения забойки по скважине $z(t)$ и давления P в скважине.

Опорные слова: скважина, забойка, детонация, давление, взрыв, дифференциальное уравнение, экспоненциальное воздействие, внешнее воздействие, взрывчатые вещества, горная порода.

В работе [1] была рассмотрена задача определения процесса движения забойки по скважине $z(t)$ и давления P в скважине, со внешнем воздействием на грунт, т.е. в зависимости от погодных условий.

В данной статье получены частные решения уравнения движения забойки [1], рассмотренное в виде неоднородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, удовлетворяющие начальным условиям. Также, получены таблицы значений соответствующих решений для движения забойки по скважине $z(t)$ и давления P в скважине.

В таких случаях математическая модель уравнения движения забойки по скважине $z(t)$ рассматривается как неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка [1-3], т.е. в виде

$$m_3 \frac{d^2 z}{dt^2} + \sigma \frac{dz}{dt} + \eta z = S_c P (1 - \sigma) + f(t) \quad (1)$$

с начальными условиями:

$$z(0) = z'(0) = 0 \quad (2)$$

Здесь σ – коэффициент трения скольжения;

η – вязкость;

m_3 – масса забойки;

S_c – площадь сечения скважины

$P = \frac{2m_3}{S_c l_3 (1 - \sigma) z t^2}$ – значения давления в скважине;

l_3 – длина забойки.

В работе [1] были получены:

$$a) z_{об} = - \frac{2m_3 M (\alpha + 1)}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta) (\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma)} e^{\frac{\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma}{2m_3} t} +$$

$$+ \frac{(2m_3 (\alpha + 1) \sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma) M}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta) (\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma)} e^{\frac{-\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma}{2m_3} t} + \frac{M}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta)} e^{\alpha t} + a \quad (3)$$

$$б) z_{об} = \left[\frac{2m_3 M (\alpha + 1)}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta) (\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma)} + \frac{(2m_3 (\alpha + 1) + \sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma) M}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta) (\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma)} t \right] e^{\frac{-\sigma}{2m_3} t} + \frac{M}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta)} e^{\alpha t} + a \quad (4)$$

$$в) z_{об} = \left[\frac{2m_3 M (\alpha + 1)}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta) (\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma)} \cos \frac{\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2}}{2m_3} t + \frac{(2m_3 (\alpha + 1) + \sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma) M}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta) (\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2} - \sigma)} \sin \frac{\sqrt{4m_3 \eta - \sigma^2}}{2m_3} t \right] e^{\frac{\sigma}{2m_3} t} + \frac{M}{\beta (m_3 \alpha^2 + \sigma \alpha + \eta)} e^{\alpha t} + a$$

$$+ \frac{M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)} e^{at} + a \quad (4)$$

где

$$a = \frac{s_c P(1 - \sigma)}{m_3}$$

$$P = \frac{2m_3}{S_c l_3 (1 - \sigma) z t^2} - \text{значения давления в скважине;}$$

где σ – коэффициент трения скольжения;

η – вязкость;

m_3 – масса забойки;

S_c – площадь поперечного сечения скважины;

l_3 – длина забойки.

Здесь m , α , β – являются известными величинами по условиям поставленной задачи.

Постановка задачи. Требуется найти частные решения дифференциального уравнения (1) с начальными условиями (2) и составить таблицу значений для движения забойки по скважине $z(t)$ и давления P в скважине, при различных значениях времени t длительности явление сублимации.

Решение. Для того, чтобы провести анализ полученных результатов нужно получить таблицу значений каждого решения и построить соответствующие графики. Прodelать эти операции является трудоёмким и занимает много времени, если решения взять как в полученном виде. Если разложить тригонометрические и показательную функцию в ряд Маклорена, в окрестности точки $t = 0$, то получим, для соответствующих функций, более упрощенный вид, что упростит вычисления. Для указанных функций, подлежащие разложению в ряд Маклорена, поступим следующим образом, параметры этих функций, для краткости, обозначим через некоторые буквы и при расчете возвращаемся к исходным параметрам^А

1) Функцию

$$e^{-\frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t} = e^{-\frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t}$$

приводим к виду:

$$e^{-\frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t}, \text{ где: } A = -\frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}$$

2) Функцию

$$e^{-\frac{\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t} = e^{-\frac{\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t}$$

приводим к виду:

$$e^{-\frac{\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t} = e^{Bt}, \text{ где: } B = -\frac{\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}$$

3) Для функций:

$$\cos \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t \text{ и } \sin \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t$$

вводим обозначения:

$$\cos \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t = \cos Dt \text{ и } \sin \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t = \sin Dt$$

где

$$D = \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}$$

Теперь используя введенные обозначения, разложим эти функции в ряд Маклорена в окрестности точки $t = 0$:

а) Разложим функцию

$$e^{-\frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t} = e^{At}$$

$$e^{At} = 1 + At + \frac{(At)^2}{2!} + \frac{(At)^3}{3!} + \dots$$

б) Разложим функцию:

$$e^{-\frac{\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t} = e^{Bt}$$

$$e^{Bt} = 1 + Bt + \frac{(Bt)^2}{2!} + \frac{(Bt)^3}{3!} + \dots$$

с) Разложим функцию:

$$\cos \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t = \cos Dt$$

$$\cos Dt = 1 - Dt + \frac{(Dt)^2}{2!} - \frac{(Dt)^4}{3!} + \dots$$

д) Разложим функцию:

$$\sin \frac{\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta}}{2m_3}t = \sin Dt$$

$$\sin Dt = Dt - \frac{(Dt)^3}{2!} + \frac{(Dt)^5}{3!} + \dots$$

Теперь, для вычисления значений вышеуказанных функций, из полученных разложений берем только линейную часть, остальные члены разложения отбрасываем. Тогда получим решения в следующих видах:

$$\begin{aligned} \text{а) } z_{об} = & -\frac{2m_3M(\alpha + 1)}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})}(1 + At) + \\ & + \frac{(2m_3(\alpha + 1) - \sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})}(1 + Bt) + \\ & + \frac{M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)}(1 + \alpha t) + a \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{б) } z_{об} = & \left[-\frac{2m_3M(\alpha + 1)}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})} + \right. \\ & \left. \frac{(2m_3(\alpha + 1) - \sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})}t \right] \left(1 - \frac{\sigma}{2m_3}t\right) + \\ & + \frac{M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)}(1 + \alpha t) + a \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{в) } z_{об} = & \left[-\frac{2m_3M(\alpha + 1)}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})}(1 - Dt) + \right. \\ & \left. \frac{(2m_3(\alpha + 1) - \sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})}Dt \right] \left(1 + \frac{\sigma}{2m_3}t\right) + \\ & + \frac{M}{\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)}(1 + \alpha t) + a \end{aligned} \quad (8)$$

Далее, упрощаем каждое полученное решение, проводя соответствующие элементарные преобразования.



$$a) z_{\sigma\sigma} = \frac{(\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta} - \sigma)(\sigma + 1)(\alpha + 1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})}t + \frac{s_c p(1 - \sigma)}{m_3}$$

$$b) z_{\sigma\sigma} = \frac{(\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta} - \sigma)(\sigma + 1)(\alpha + 1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})} \left(1 - \frac{\sigma}{2m_3}t\right)t + \frac{s_c p(1 - \sigma)}{m_3}$$

$$c) z_{\sigma\sigma} = \frac{2(\sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta} - \sigma)(\sigma + 1)(\alpha + 1)M}{m_3^2\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(-\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 4m_3\eta})} \left(1 + \frac{\sigma}{2m_3}t\right)t + (1 + \alpha t) + \frac{s_c p(1 - \sigma)}{m_3}$$

Теперь используя численные значения всех параметров, приступим к вычислению движения забойки по скважине $z(t)$ и давления P в скважине.

По техническому регламенту значения параметров следующие, согласно [2]:

Таблица 1
Изменение явления сублимации и давление в скважине в зависимости от изменения длины забойки

l_3, M	6	7	8
t, c	0,0574	0,0669	0,0861
$P, Па$	132076,92	117857,14	106451,6

Примечание: l_3 – длина забойки; t – длительность явления сублимации; P – давление в скважине

$$S_c = 0.56m^2; \sigma = 0.63; \eta = 1.59; m_3 = 120r; M = 2; \alpha = -1; \beta = 1$$

Приступим к вычислению процесса движения забойки по скважине $z(t)$ и давления P в скважине, при различных значениях времени t длительности явления сублимации [4-5].

1) При $l = 6 m, t = 0.0574 c$:

$$z(t) = \frac{(\sqrt{4m_3\eta - \sigma^2} - \sigma)(\sigma + 1)(\alpha + 1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(\sqrt{4m_3\eta - \sigma^2} - \sigma)}t + \frac{s_c p(1 - \sigma)}{m_3} = \frac{(\sqrt{-0.63^2 + 4 \cdot 120 \cdot 1.59} - 0.63)(1 + 0.63)(1 + 1) \cdot 2}{120 \cdot 1 \cdot (120 \cdot (-1)^2 + 0.63 \cdot 1 + 1.59)(-0.63 + \sqrt{0.63^2 - 4 \cdot 120 \cdot 1.59})} \cdot 0.0574 + \frac{0.56 \cdot 132076.92 \cdot (1 - 0.63)}{120} = \frac{8028.864}{40508596.8} \cdot 0.0574 + \frac{87661.54}{120} = 0.0002 \times 0.0574 + 228.05 = 0.0000112 + 730.5 \approx 228.05$$

2) При $l = 7 m, t = 0.0669 c$:

$$z(t) = \frac{(\sqrt{4m_3\eta - \sigma^2} - \sigma)(\sigma + 1)(\alpha + 1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(\sqrt{4m_3\eta - \sigma^2} - \sigma)}t + \frac{s_c p(1 - \sigma)}{m_3} = 0.0002 \times 0.0669 + \frac{0.56 \cdot 117857.14 \cdot (1 - 0.63)}{120} = 0.00013 + 203.5 \approx 203.5$$

3) При $l = 9 m, t = 0.0861 c$:

$$z(t) = \frac{(\sqrt{4m_3\eta - \sigma^2} - \sigma)(\sigma + 1)(\alpha + 1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2 + \sigma\alpha + \eta)(\sqrt{4m_3\eta - \sigma^2} - \sigma)}t + \frac{s_c p(1 - \sigma)}{m_3} = 0.0002 \times 0.0861 + \frac{0.56 \cdot 106451.6 \cdot (1 - 0.63)}{120} = 0.000017 + 183.806 \approx 183.806$$

Полученные результаты вносим в табл. 2.

Таблица 2
Изменение явления сублимации, движения забойки по скважине и давления в скважине в зависимости от изменения длины забойки

l_3, M	6	7	8
t, c	0,0574	0,0669	0,0861
$z(t), м/с$	228,05	203,5	183,806
$P, Па$	132076,92	117857,14	106451,6

Примечание: l_3 – длина забойки; t – длительности явление сублимации; $z(t)$ – движения забойки по скважине; P – давления в скважине

Теперь, используя результаты табл. 3, вычислим значение P .

Таблица 3

l_3, M	6	7	8
t, c	0,0574	0,0669	0,0861
$z(t), м/с$	228,05	203,5	183,806

$$\text{По формуле: } P = \frac{2m_3}{S_c l_3 (1 - \sigma) z t^2}$$

и при

$S_c = 0.56m^2; \sigma = 0.63; \eta = 1.59; m_3 = 120r; M = 2; \alpha = -1; \beta = 1$ а также, данных приведенных в табл. 3, находим значения давления P в скважине:

$$1) P = \frac{2m_3}{S_c l_3 (1 - \sigma) z t^2} = \frac{2 \cdot 120}{0.56 \cdot 6 \cdot 0.37 \cdot 228.05 \cdot 0.0574^2} = \frac{240}{0.9356} = 256,52 Па$$

$$2) P = \frac{2m_3}{S_c l_3 (1 - \sigma) z t^2} = \frac{2 \cdot 120}{0.56 \cdot 7 \cdot 0.37 \cdot 203.5 \cdot 0.0669^2} = \frac{240}{0.974} = 246,41 Па$$

$$3) P = \frac{2m_3}{S_c l_3 (1 - \sigma) z t^2} = \frac{2 \cdot 120}{0.567 \cdot 0.37 \cdot 183.806 \cdot 0.0861^2} = \frac{240}{1,13} = 212,39 Па$$

Составим таблицу используя полученные результаты для $z(t)$ – движения забойки и давления P в скважине (табл. 4).

Таблица 4

l_3, M	6	7	8
t, c	0,0574	0,0669	0,0861
$z(t), м/с$	228,05	203,5	183,806
$P, Па$	256,52	246,41	212,39

Полученные результаты. Полученные результаты для $z(t)$ – движения забойки и давления P в скважине приводятся в табл. 2 и 4.

Сравнивая приведенные данные по табл. 2 и 4, можно сказать, что внешнее воздействие на забойке имеет существенное влияние.

Далее, по полученным решениям:



$$\begin{aligned} \text{a) } z(t) &= \frac{(\sigma+1)(\alpha+1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2+\sigma\alpha+\eta)}t + \frac{s_c p(1-\sigma)}{m_3} \\ \text{б) } z(t) &= \frac{2(\sigma+1)(\alpha+1)\sqrt{\sigma^2-4m_3\eta M}}{m_3^2\beta(m_3\alpha^2+\sigma\alpha+\eta)}\left(1+\alpha+\frac{\sigma}{2m_3}\right)t + \\ &+ \frac{s_c p(1-\sigma)}{m_3} + 1 \\ \text{в) } z(t) &= \frac{(\sigma+1)(\alpha+1)M}{m_3\beta(m_3\alpha^2+\sigma\alpha+\eta)}\left(1-\frac{\sigma}{2m_3}\right)t + \frac{s_c p(1-\sigma)}{m_3} \end{aligned}$$

и при $S_c = 0.56m^2$; $\sigma = 0.63$; $\eta = 1.59$; $m_3 = 120t$; $M = 2$;

$\alpha = -1$; $\beta = 1$

С учётом данных таблиц 2 и 4, можно построить графики соответствующих функций.

Таким образом, получены частные решения дифференциального уравнения в случае экспоненциального внешнего воздействия. Используя эти решения вычислены $z(t)$ движения забойки по скважине и давления P в скважине.

Проведен сравнительный анализ полученных значений для $z(t)$ и P при внешнего воздействия на горную породу и без него.

Библиографический список:

1. Умаров Ф.Я., Худайбердиев О.Ж., Джуроева Н.М., Заирова Ф.Ю. Математическое моделирование движения забойки по скважине с учётом погодных условий. Горный вестник Узбекистана. – №1 (96). – Навои, 2024. – С. 51-54.
2. Худайбердиев О.Ж., Джуроева Н.М., Рахматов С.Х. Определение аналитического выражения связи некоторых параметров скважины при использовании различных подач в скважине. Американский журнал междисциплинарных инноваций и исследований, 5 (11), 45-50. (2023). <https://doi.org/10.37547/tajir/Volume05Issue11-07>.
3. Норматова М.Ж., Разработка способов управления пылегазовым режимом при взрывании высоких уступов в глубоких карьерах. Дисс. на соискание ученой степени PhD. Навои, 2019. – 112 с.
4. Заиров Ш.Ш. Интенсификация технологических процессов буровзрывных работ при разработке месторождений Кызылкумского региона открытым способом // Дисс. докт. техн. наук. – Навои, 2016. – 230 с.
5. Шеметов П.А., Норов Ю.Д. Буровзрывные работы. Учебное пособие. Навои, 2005. – 207 с.
6. Умаров Ф.Я., Худайбердиев О.Ж., Джуроева Н.М., Заирова Ф.Ю. Влияние температурных факторов внешней среды на истечение продуктов детонации из скважины. – Навои: Горный вестник Узбекистана №2, 2024. – С. 66-68.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, № 4 (99) pp. 88-91

RESEARCH AND COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF EXPONENTIAL EXTERNAL INFLUENCE ON ROCKS

¹Umarov F.Ya., Director, Doctor of Technical Sciences, Professor.

²Khudayberdiev O.Zh., Associate Professor at the Department of Higher Mathematics and Information Technologies, PhD.

³Juraeva N.M., Senior Teacher of the Department Higher Mathematics and Information Technologies.

⁴Zairova F.Yu., Engineer of the ICINT Department of Innovative Development.

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

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

³JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company». Navoi, Uzbekistan.

This article addresses the problem of determining the motion of the bottom hole and pressure in the well depending on external factors, specifically exponential influence. Partial solutions to the equation of bottom hole movement have been obtained, considered as a non-homogeneous second-order differential equation with constant coefficients and initial conditions. Additionally, tables of values for the corresponding solutions for the bottom hole movement $z(t)$ and pressure P in the well have been generated.

Keywords: well, bottom hole, detonation, pressure, explosion, differential equation, exponential influence, external influence, explosives, rock.

Bibliographic list:

1. Umarov F.Ya., Khudayberdiev O.Zh., Djuraeva N.M., Zairova F.Yu. Mathematical modeling of bottom hole movement in a well considering weather conditions. Mining Herald Journal. No. 1 (96). Navoi, 2024. – pp. 51-54.
2. Khudayberdiev O.Zh., Djuraeva N.M., Rakhmatov S.Kh. Determination of the analytical expression for the relationship of certain well parameters using various feed rates in the well. American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research, 5(11), 45–50. (2023). <https://doi.org/10.37547/tajir/Volume05Issue11-07>.
3. Normatova M.J. Development of methods for controlling the dust-gas regime during blasting of high benches in deep quarries. Dissertation for the degree of PhD. Navoi, 2019. – 112 pp.
4. Zairov Sh.Sh. Intensification of technological processes in drilling and blasting operations for the development of deposits in the Kyzylkum region by open-pit method // Doctoral dissertation in technical sciences. – Navoi, 2016. – 230 pp.
5. Shemetov P.A., Norov Yu.D. Drilling and blasting operations. Textbook. Navoi, 2005. – 207 pp.
6. Umarov F.Ya., Khudayberdiev O.Zh., Djuraeva N.M., Zairova F.Yu. Influence of temperature factors of the external environment on the outflow of detonation products from the well. – Navoi: Gornyy vestnik Uzbekistana. No. 2, 2024. – pp. 66-68.

«OLMALIQ KMK» AJ VANYUKOV PECHINING AVTOGEN ERITISH SHLAKIDA MIS VA NODIR METALLARNI KAMAYTIRISH



Yoqubov O.M.,
«MISiS» Fan va texnologiya universiteti Olmaliq shahridagi filiali «Metallurgiya» kafedrasi dotsenti

Maqolada "Olmaliq KMK" aksiyadorlik jamiyatida rangli metallurgiyaning texnogen chiqindilaridan foydalanishda, Vanyukov pechida pirometallurgiya yo'li bilan mis ishlab chiqarishda eritish chiqindilari shlaklari tarkibidagi mis va qimmatbaho metallarning kamayishi uchun sharoit yaratilayotgani ko'rsatilgan. Rux ishlab chiqarishning texnogen chiqindilari Vanyukov pechida sulfidli mis konsentratlarini eritishda mis shteyni va qimmatbaho metallarning qo'shimcha xom ashyosini aylantirish jarayonida temir oksidini ikki valentli shlakli reduktor sifatida ishlatiladi.

Tayanch iboralar: xomashyo, chiqindi, mis, shlak, qayta tiklash, tugatish, magnetit, ekstraksiya, klinker.

В статье, показано, что при использовании техногенных отходов цветной металлургии на АО «Алмалыкский ГМК», в пиromеталлургическом производстве меди в печи Ванюкова, создаются условия снижения меди и благородных металлов в отвальных шлаках плавки. Используется техногенный отход цинкового производства в качестве восстановителя оксида трёхвалентного железа до оксида двухвалентного шлага в процессе конвертирования медных штейнов и дополнительного сырья благородных металлов при плавке сульфидных медных концентратов в печи Ванюкова.

Опорные слова: сырьё, отход, медь, шлак, восстановление, объединение, магнетит, извлечение, клинкер.

Dunyoda mis va qimmatbaho metallarga bo'lgan talab va ishlab chiqarishning o'sishi, boy va oson ochiladigan ruda konlarining kamayishi, shuningdek rudalar metallarning kamayishi bilan metallurgiya sanoatining texnogen chiqindilarining qo'shimcha xom ashyosi shaklida xom ashyodan foydalanish va qayta ishlashning murakkab va zarurligini ko'rsatmoqda [1-2].

Misning 90% dan ortig'i mineral xom ashyolardan pirometallurgik usulda ishlab chiqarilganligi sababli, mis ishlab chiqarishning jahon amaliyotida texnologiyani takomillashtirish shlaklar, chang va chiqindi texnologik gazlar ko'rinishidagi texnogen chiqindilarda metall yo'qotilishini kamaytirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Mis va rux ishlab chiqarishning texnogen chiqindilari metallurgiya sanoati mintaqalarida katta muammo hisoblanadi, chunki ular chiqindixonalarda saqlanadi va millionlab tonnani tashkil etadi, bu metallurgiya mintaqasining atrof-muhitiga keskinlikni anglatadi [3-4].

Metallurgiya sanoatida metall ishlab chiqarish iqtisodiyoti qo'shimcha texnogen resurs sifatida mis ishlab chiqarish shlaklaridan foydalanishga imkon beradi (dunyoda juda ko'p texnologiya mavjud), tarkibida katta miqdordagi mis 0,7-7% va temir 35% dan yuqori [5, 6].

Shlaklar, keklar ko'rinishidagi texnogen chiqindilar pirometallurgik va gidrometallurgik usullar bilan qayta ishlanadi. Hidrometallurgik usul turli

xil kislotalar va ishqorlar eritmalarida mis miqdori yuqori bo'lgan konverter va chiqindi shlaklarni mis eritishga, so'ngra uni sementlash, ekstraksiya qilish, shuningdek flotatsiya usuli yordamida mis ishlab chiqarishning metall o'z ichiga olgan eritmalaridan ajratib olishga asoslangan. Konverter shlak 90-95% gacha -0,02 mm (0,074 mm dan farqli o'laroq) maydalashning tonini flotatsiya paytida mis konsentratiga olish 10,3% ga ko'payadi [7-10].

2,7-3,3% mis tarkibidagi "Olmaliq KMK" AJda konverter shlaklarini o'ttiz foizgacha qayta ishlash mis zavodining aks ettiruvchi pechida 75% mis va qimmatbaho metallarni qazib olish bilan amalga oshiriladi.

Konverter shlaklarining yana bir qismi misning qazib olinishi va ularni qayta ishlash narxi yuqori bo'lgan kombinatning boyitish fabrikasida 60% yaqin. Boyitish fabrikasida konverter shlaklarini qayta ishlashda avtogen pechlarda qayta ishlanmaydigan 23% ga yaqin oltingugurt miqdori past bo'lgan konsentrat olinadi.

Konsentratlarni eritish uchun avtogen pechlarda va shteyn-shlak hosil bo'lish jarayonida issiqlik sulfidlarning oksidlanishi natijasida olinadi, SO₂ tarkibiga boy chiqindi gazlar olinadi, bu esa 50-60% misni o'z ichiga olgan boy shteynlarni olish imkonini beradi, xom ashyolardan foydalanishning murakkabligini oshirish, metallurgiya mintaqasining atrof-muhitning ifloslanish darajasini keskin kamaytiriladi [12, 13].

Dunyoda uch valentli temir oksidlarining yuqori konsentratsiyasiga, ayniqsa magnetit shaklida, shlaklardagi mis va qimmatbaho metallarning tarkibiga bag'ishlangan ko'plab ishlar ma'lum.

Magnetitning yuqori miqdori ko'proq rangli metallarni eritib yuboradi, qattiq cho'kishga qodir, pechga joylashib, aks ettiruvchi eritish paytida magnetit qatlamini hosil qiladi va Vanyukovning avtogen pechini eritishda suspenziya (loy) shaklida aylanadi. Shlak tarkibidagi magnetitning 10% ga kamayishi shlak zichligining 3,7 dan 2,72 g/sm³ gacha sezilarli darajada pasayishiga olib keladi. Bu shlak va shteynning yaxshi ajralish-

1-jadval

Hozirgi konverter chiqindilarining kimyoviy tarkibi

Shlak raqami	Tarkibi, %								
	Cu	Zn	Pb	Fe	Fe ₃ O ₄	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	S
1	3,14	1,90	1,2	45,0	22,7	22,5	1,0	3,80	1,10
2	2,95	1,75	1,1	46,13	23,2	21,06	1,43	3,71	0,96
3	3,60	1,60	1,3	46,56	21,2	19,1	1,57	3,26	0,78

2-jadval

Hozirgi klinkerning kimyoviy tarkibi

Element nomi, birikmalar	Cu	Pb	Zn	Fe _{общ.}	S _{общ.}	C	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Tarkibi, %	2,2	0,51	2,1	19,53	8,39	29,55	6,06	4,08	16,42
Element nomi, birikmalar	MgO	Cd	As	TiO ₂	H ₂ O	Mn ₂ O ₃	Ba	Au	Ag
Tarkibi, %	2,72	<0,01	0,155	0,21	0,6	0,47	2,3	3,2 <i>z/m</i>	260,27 <i>z/m</i>

3-jadval

Boy shlaklarni qayta ishlash jarayonida Vanyukov pechining chiqindi shlakidagi mis tarkibi

№	Klinker, shlak og'irligiga nisbatan, %	Konverter shlakidagi komponentlarning tarkibi						Vanyukov pechining chiqindi shlaklari			
		Qayta tiklashdan oldin, %				Qayta tiklangandan keyin, %		Hozirgi, %		Qayta tiklangan shlaklar, %	
		Cu	Fe ₃ O ₄	Au, g/t	Ag, g/t	Cu	Fe ₃ O ₄	Cu	Cu	Au, g/t	Ag, g/t
1	2,5	2,95	21,8	2,5	15,4	1,68	14,5	0,67	0,61	0,29	2,78
2	2,5	3,57	23,1	2,6	15,7	1,75	15,1	0,70	0,63	0,26	2,41
3	2,5	2,85	20,9	2,4	15,4	1,79	16,5	0,69	0,60	0,28	2,43
4	5,0	2,77	20,7	2,4	15,4	1,70	12,9	0,68	0,59	0,29	2,78
5	5,0	3,01	22,3	2,5	15,6	1,69	13,2	0,65	0,61	0,28	2,43
6	5,0	3,75	24,5	2,6	15,7	1,53	14,9	0,70	0,60	0,26	2,93
7	7,5	2,95	22,5	2,4	15,4	1,32	11,7	0,69	0,59	0,26	2,41
8	7,5	3,21	23,8	2,6	15,7	1,01	12,1	0,61	0,58	0,29	2,41
9	7,5	2,87	20,9	2,4	15,4	1,27	11,7	0,71	0,60	0,29	2,78
10	10,0	3,43	23,9	2,6	15,7	0,95	9,9	0,69	0,58	0,26	2,49
11	10,0	3,11	24,1	2,5	15,6	1,03	8,9	0,70	0,59	0,28	2,78
12	10,0	2,97	22,6	2,4	15,4	0,85	10,1	0,69	0,57	0,29	2,41

iga va misning mexanik yo'qotilishini shlaklar bilan kamaytirishga olib keladi [13], [14-16].

Dunyoda tabiiy gaz, koks va qayta tiklanadigan elementlarni o'z ichiga olgan turli xil texnologiyalardan foydalangan holda piro-metallurgik mis ishlab chiqarishda kamaytirish jarayonlarida magnetit konsentratsiyasini kamaytirish bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda.

Avtogen eritish shlaklarini ko'mir bilan birga yo'q qilishning ikki bosqichli usuli taklif qilingan, boshqa ishda eritishda reduksiya qiluvchi (ko'mir) shlakda fayallitning paydo bo'lishiga yordam beradi, shlakdagi tarkib 0,55% darajasida va u yo'q bo'lganda – 0,84%. Rux ishlab chiqarishning Vanyukov pechlaridan olingan klinker misni pirometallurgiya ishlab chiqarishda shlakli magnetitni kamaytiruvchi vosita sifatida ishlatilishi mumkin [17-19].

Birinchi davr mis shteynlarini aylantirish jarayonida konverter shlaklarini aks ettiruvchi pechga quyishdan oldin ularni conversion shakllarini yo'q qilish bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi. Klinker qaytaruvchi vosita sifatida ishlatilgan, uning tarkibida nafaqat uglerod va metal, temir kabi qaytaruvchi elementlarning 50%, balki 2,3 g/t miqdoridagi oltin va 185 g/t kumush ham mavjud [20].

Tadqiqot ob'ektlarini tanlash va asoslash.

Ushbu ishda "Olmaliq KMK" AJning Vanyukov pechida mis miqdori yuqori bo'lgan shlaklarning mis va qimmatbaho metallar miqdorini kamaytirish bo'yicha tadqiqot ishlari olib borildi. Yuklashdan oldin, (1-jadval) shlaklar konvertordagi shlakning temir uch valentli oksidi ortiqcha miqdorini kamaytirish uchun qaytaruvchi atmosferada ishlov beriladi.

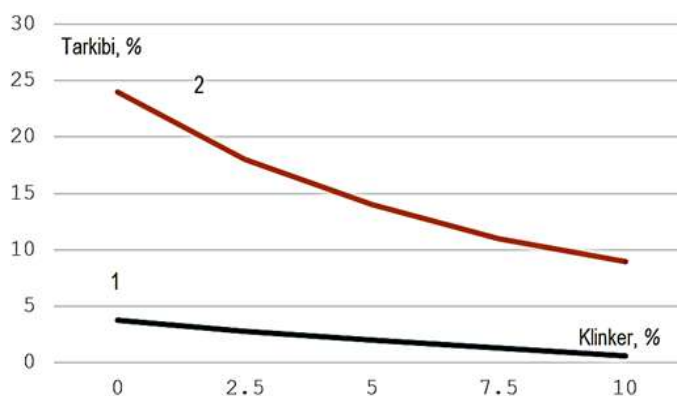
Birinchi davrdagi mis shteynlarini konvertatsiya qilishda konvertorda shlak temir uch valentli oksidining 20,0-28,0% dan 6,0-10,0% gacha kamayishi va undagi misning 30-50% ga kamayishini ta'minlaydi. Shlakning qoldiq temir uch valentli oksidi tarkibiga tushirilgan shlak 8-10% ni tashkil qiladi va pechda quyiladi.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi.

"Olmaliq KMK" AJda Vanyukov pechlarida mis shteynlarini konversiyalash jarayonida olingan yuqori mis tarkibiga ega shlak-

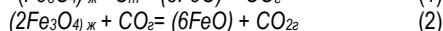
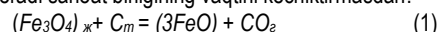
larni qayta ishlashni sanoat sinovidan o'tkazish amaliyoti shlak tarkibidagi temir uch valentli oksidning ortiqcha miqdorini qayta tiklash va kamaytirishning ketma-ket ikkita jarayonidan iborat bo'lgan shlakdagi mis va qimmatbaho metallarning sezilarli darajada kamayishiga olib keldi. Keyin, kamaytiruvchi muhitda ishlov berilgan konvertor shlaklari pechga quyiladi. Konvertor shlak temir uch valentli oksidi pasayishi bilan (1-jadval) shlakning fizik-kimyoviy holati yaxshilanadi, bu esa o'z navbatida metallurgiya pechlarining chiqindi shlaklari tarkibidagi mis va qimmatbaho metallarning pasayishiga, ya'ni shlaklar bilan yo'qotishlarning kamayishiga olib keladi.

Ishning ilmiy-tadqiqot qismi 1260-13000°C haroratda tiklash tajribalarini o'tkazishdan iborat edi, bu erda mos ravishda tiklanish ketma-ket (bosqichma-bosqich) $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$, ya'ni temir uch valentli oksidi vustitgacha davom etadi. Ushbu ketma-ketlikda temirning uch valentli oksidi tiklash ketma-ketligi $Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ 1-5 reaksiyalarida uglerod va metall temir ko'rinishidagi klinker elementlarini kamaytiruvchi

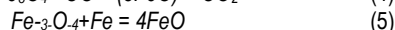
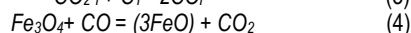


1-rasm. Konverter curufidagi magnetit va mis tarkibining klinker tomonidan kamayishi bilan bog'liqligi: 1 – mis; 2 – magnetit

temir temirini ikki valentli oksidi vustitga qaytarish qismi intensiv kinetik rejimda juda qisqa vaqt davom etadi, bu esa ushbu usulning sanoat sharoitida ustunligini beradi sanoat birligining vaqtini kechiktirmasdan:



Ushbu reaksiyalar natijasida CO₂ gazi olinadi, va CO holatiga qaytarilishi mumkin:



Shlakning temir uch valentli oksidi ortiqcha miqdorini 23,8% dan 8,9% gacha kamaytirish maqsadida birinchi davr mis shteynlarini konvertatsiya qilish jarayonida konvertorda shlakning temir uch valentli oksidi tiklash, tiklangan konvertor shlakdagi mis miqdorini 3,75-2,77% dan 1,85-0,85 gacha kamaytiradi.

O'tkazilgan tadqiqot ishlari natijalaridan (3-jadval va 1-rasm), klinkerdan foydalanganda konvertatsiya jarayonida konvertor shlakning ortiqcha magnetit miqdorini tiklash darajasi birinchi davrda 63,0% dan yuqori bo'lganligi aniqlandi, ya'ni magnetit konsentratsiyasi 24,1% dan 8,9% gacha kamaydi va mis konsentratsiyasi uning dastlabki tarkibidan 3,57% dan 1,75% gacha kamaydi.

Qayta tiklash muhitida qayta ishlangan konvertor shlaklari, konvertordagi mis shteynlarni konvertatsiya qilishning birinchi davrida va pich-oqda sovutilgan, sulfidli mis konsentratlarini Vanyukovning bitta zonali pechida eritganda, o'choqqa quyiladi va yuklanadi.

Qaytaruvchi vosita sifatida sink ishlab chiqaradigan klinker ishlatiladi, uning tarkibidagi temir va uglerod magnetitning ortiqcha qismini kamaytiradi va undan qimmatbaho metallar 90% olinadi.

Natijada mis bo'yicha mis ishlab chiqarilgan konvertor shlaklarini 2,23,5% dan 0,580,61% gacha kamaytirish mumkin bo'ldi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Хурсанов А.Х. История и перспективы развития, проблемы переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК // Материалы международной научно-практической конференции. Алмалык 19.04.2019. – С. 3-15.
2. Худояров С. Р., Якубов М. М., Р. Х., Пирматов Р. Х., Валиев Х. Р. Техногенные ресурсы черной металлургии и их комплексная переработка в условиях АО «Узметкомбинат» // «Черные металлы». – № 2. – М.: «Руда и Металлы», 2022. – С. 67-72.
3. Bellemans I., De Wilde E., Moelans N., Verbeke K. Metal losses in pyrometallurgical operations—A review. *Adv. Colloid Interface Sci.* 2018, – P. 47–63.
4. Tlotlo Solomon Gabasiane, Gwiranai Danha, Tirivaviri A. Mamvura, Tebogo Mashifana and Godfrey Dzinomwa. *Environmental and Socioeconomic Impact of Copper Slag-A Review. Crystals* 2021. – P. 11. <https://doi.org/10.3390/cryst11121504>.
5. Якубов М. М., Шообидов Ш.А., Юсупходжаев А.А., Негматов С.С., Халматов М.М. Разработка и освоение технологии снижения содержания меди в отвальных шлаках медеплавильного производства Алмалыкского ГМК // Цветные металлы. – № 8. – М.: «Руда и Металлы», 2009. – С. 78-79.
6. Gabasiane T.S., Danha G., Mamvura T., Mashifanab A.T., Dzinomwac G. Characterization of copper slag for beneficiation of iron and copper. *Heliyon. Volume 7, Issue 4, April 2021. DOI:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06757*.
7. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Расулова С.Н., Гуро В.П. Эффективный способ переработки цинкового кека // Узбекский химический журнал. – № 4. – Ташкент, 2018. – С. 25-30.
8. Аскаррова Н.М. Возможности переработки шлаков медного производства гидрометаллургическим способом // Вестник науки и образования. – № 10. – Россия: «Проблемы Науки», 2020. – С. 36-40.
9. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Мухаметджанова Ш.А., Бекбутаев А.Н. Разработка технологии извлечения металлов из технологических растворов методом ионной флотации // Цветные металлы. – №6. – М.: «Руда и металлы», 2022. – С. 19-24.
10. Мамонов С.В., Газалеева Г.И., Дресвянкина Т. П., Волкова С. В. Повышение технологических показателей переработки отвальных шлаков медеплавильного производства на основе их медленного охлаждения и ультратонкого измельчения // Горный журнал. – № 2. – М.: Известия ВУЗов. 2018. – С. 83-90.
11. Ванюков А. В. Плавка в жидкой ванне. – Москва.: «Металлургия», 1988. – 208с.
12. Цемехман Л.Ш., Парецкий В.М. Современные методы переработки сульфидных медно-никелевых концентратов. // Цветные металлы – № 1–М.: «Руда и металлы» 2020. – С.24-31.
13. María Bacedoni, Ignacio Moreno and Guillermo Ríos. *Copper Flash Smelting Process Balance Modeling. Metals* 2020, 10(9), 1229; <https://doi.org/10.3390/met10091229>.
14. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. – М.: «Металлургия», 1969. – 406 с.
15. Купряков Ю.П. Отражательная плавка медных концентратов. – М.: «Металлургия», 1976. – 350 с.
16. Селиванов Е.Н., Гуляева Р.И., Толокнов Д.А. Осаждение магнетита при плавке медно-цинковых концентратов в печи Ванюкова // Цветные металлы. – № 7. – М.: «Руда и металлы», 2010. – С. 3-9
17. Досмухамедов Н.К., Федоров А.Н., Жолдасбай Е.Е. Распределение Cu, Pb, Zn и As между продуктами двухстадийного восстановительного обеднения высокомедистых шлаков // Цветные металлы. – № 7. – М.: «Руда и металлы», 2019. – С. 30-35.
18. Sokolovskaya L.V., Kvyatkovskiy S.A., Kozhakhmetov S.M., Semenova A.S., Seisembayev R.S. Effect of Reducing Agent on Structure and Thermal Properties of Autogenous Copper Sulfide Concentrate Smelting Slags. *“Metallurgist”*. Volume 65, pages 529-537 (2021).
19. Зайцев В.Я., Удалов Л.К., Якубов М. М., Генева Т.Н. О возможности использования клинкера вельц-печей для обеднения шлаков // Цветные металлы. – №4. – М.: «Руда и металлы», 1984. – С.19-23.
20. Якубов М.М., Абдукадыров А.А., Мухаметджанова Ш.А., Якубов О.М. Вовлечение в производство техногенных образований на предприятии АО «Алмалыкский ГМК» // Цветные металлы. – № 5. – М.: «Руда и металлы», 2022. – С. 36-41

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОДНОГО МАССИВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕСАПАНТАУ



Жабко А.В.,
заведующий лабораторией
устойчивости бортов карьеров
УФ АО «ВНИМИ», заведующий кафедрой
маркшейдерского дела
ФГБОУ ВО «УГУ», д.т.н., доцент



Камолова Н.Э.,
руководитель группы
инновационного центра
по внедрению новых технологий
АО «НГМК»



Уктамова Н.У.,
студентка
6-го курса факультета
«Горное дело» АФ НИТУ МИСИС



Уктамов У.У.,
студент 5-го курса
факультета «Горное дело»
АФ НИТУ МИСИС

Tog' jinslarining fizik-mexanik xossalari kar'er pog'onalarining barqarorligini baholashda asosiy ma'lumotlarni beradi. Asosiy ko'rsatkichlar, barqarorlikni baholashda qo'llaniladigan usulga qarab, tog' jinslarining yopishqoqligi va ichki ishqalanish burchagi, alohida yoriqlar bo'ylab yopishish va ishqalanish burchagi, qatlamlanish, slanetsimonlik (massivning zaiflashuv yuzasi), shuningdek siqilishi va cho'zilishi bo'yicha mustahkamlik chegaralari hisoblanadi.

Barqarorlikni baholash uchun tutash muhitlar mexanikasi usullari (kon massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini hisoblashning sonli usullari) qo'llanilganda, sanab o'tilgan ko'rsatkichlarga qo'shimcha ravishda, tog' jinslarining deformatsion xususiyatlarining xossalari ega bo'lish kerak. Seryoriq kon massivining ko'tarish qobiliyati laboratoriya namunasining mustahkamligidan keskin farq qilishiga qaramay, tog' jinslarining deformatsion xususiyatlarining xossalari kon massivining mustahkamligini baholash uchun asos bo'ladi. Yuqorida aytib o'tilganlar bilan bog'liq holda, kon massivining barqarorligini baholash uchun zamonaviy asbob-uskunalar yordamida ishonchli laboratoriya usullari asosida aniqlanishi lozim bo'lgan fizik-mexanik xususiyatlarning bir qator muhim ko'rsatkichlariga ega bo'lish kerak.

Tayanch iboralar: bardoshlilik, suv bilan to'yingan holati, havoda quruq holati, cho'ziluvchanligi, siqilishi, tabiiy yoriqliligi, zichligi, buzulishiga olib keluvchi kuchlar.

Физико-механические свойства горных пород несут основную информацию при оценке устойчивости карьерных откосов. Главными показателями, в зависимости от применяемого метода оценки устойчивости, являются сцепление и угол внутреннего трения горных пород, сцепление и угол трения по трещинам отдельности, слоистости, сланцеватости (поверхности ослабления массива), а также пределы прочности на сжатие и растяжение.

В случае, когда для оценки устойчивости применяются методы механики сплошной среды (численные методы расчета напряженно-деформированного состояния горного массива), кроме перечисленных показателей необходимо располагать значениями деформационных характеристик горных пород. Несмотря на то, что несущая способность трещиноватого горного массива резко отличается от прочности лабораторного образца, последние дают основу для ее оценивания. В связи с вышесказанным, для целей оценки устойчивости горного массива необходимо располагать целым рядом важнейших показателей физико-механических свойств, которые подлежат определению лабораторными надежными методами на современном оборудовании.

Опорные слова: прочность, сцепление, угол внутреннего трения, растяжение, сжатие, естественная трещина, плотность, разрушающая сила.

Лабораторные исследования образцов пород проведены в лаборатории физико-механических свойств и разрушения горных пород Научного центра геомеханики и проблем горного производства СПГУ. Лабораторными методами определены следующие показатели комплекса физико-механических свойств образцов горных пород:

- предел прочности при одноосном сжатии (UCS) в водонасыщенном и воздушно-сухом состоянии;
- деформационные характеристики (UCS+YP), включая коэффициент Пуассона и модуль упругости Юнга;
- предел прочности при одноосном растяжении (UTS) (бразильский метод);
- предел прочности при трехосном сжатии (TXT);
- предел прочности при сдвиге по естественной трещине (SOJ);
- предел прочности при сдвиге по плоскости распила (SCS);
- плотность образца правильной формы.

При проведении лабораторных испытаний руководствовались следующими методиками: Американской международной организации по испытаниям и материалам ASTM (American Society for Testing and Materials); Государственными стандартами Российской Федерации. Стандарты ASTM общеприняты в международной практике исследований физико-механических характеристик горных пород.

Суммарно в лаборатории выполнены 230 определений объемного веса, 115 определений прочности на одноосное сжатие и упругих характеристик, 85 испытаний на растяжение, 30 испытаний на трехосное сжатие, 95 испытаний на сдвиг по естественной трещине, 37 испытаний на сдвиг по плоскости распила, 3 определения гранулометрического состава рыхлых пород.

Прочностные и деформационные характеристики определялись в соответствии с ASTM D3148-02 «Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens», ASTM D7012-14 «Standard Test Methods for Compressive Strength



Рис. 1. Сервогидравлическая система MTS 815 (слева), подготовленный к испытаниям образец (справа)



Рис. 2. Сервогидравлическая испытательная система GCTS RDS-200



Рис. 3. Внешний вид сдвиговых матриц в сервогидравлической испытательной системе GCTS RDS-200

and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures», ГОСТ 28985-91 «Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии».

Сущность метода заключается в измерении сжимающей силы, приложенной к торцам цилиндрического образца, продольных и поперечных деформаций его, вызванных этой силой. Испытания

проводились на сервогидравлической испытательной машине MTS 816.

По результатам испытаний строились графики зависимости продольных и поперечных относительных деформаций образца от осевых напряжений, определялись предел прочности на одноосное сжатие, модуль упругости и коэффициент Пуассона согласно ASTM D7012-14, ГОСТу 28985-91.

Прочность на одноосное сжатие определялась также в водонасыщенном состоянии.

На основе этих данных определялся коэффициент размягчаемости K_{sof} , представляющий собой отношение пределов прочности породы на одноосное сжатие в водонасыщенном и воздушно-сухом состоянии (ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация»).

Определение предела прочности при одноосном растяжении образцов выполнено в соответствии с ASTM D3967-16 «Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens».

Сущность метода заключается в измерении разрушающей силы, приложенной к образцу через стальные встречно направленные плиты.

Предел прочности при одноосном растяжении σ_T вычисляли по формуле: $P = 2 \cdot P / \pi \cdot L \cdot D$

где: P – разрушающая сила, H ;

L – Высота образца, mm ;

D – диаметр образца, mm .

Определение прочностных свойств при трехосном сжатии проводили в состоянии естественной влажности в соответствии с ASTM D7012-14 «Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures».

Сущность метода заключается в измерении разрушающей силы, приложенной к торцам образца через стальные плоские плиты при боковом сжатии его гидростатическим давлением.

Испытания проводили на сервогидравлической системе MTS 815, общий вид которой представлен на рис. 1.

При подготовке к испытаниям образец для предохранения от проникновения в его поры рабочей жидкости (технического масла) помещали в резиновую трубчатую оболочку. Торцы образца изолировали от жидкости плоскими стальными подкладками.

Трехосные испытания были проведены при разных значениях бокового гидростатического давления.

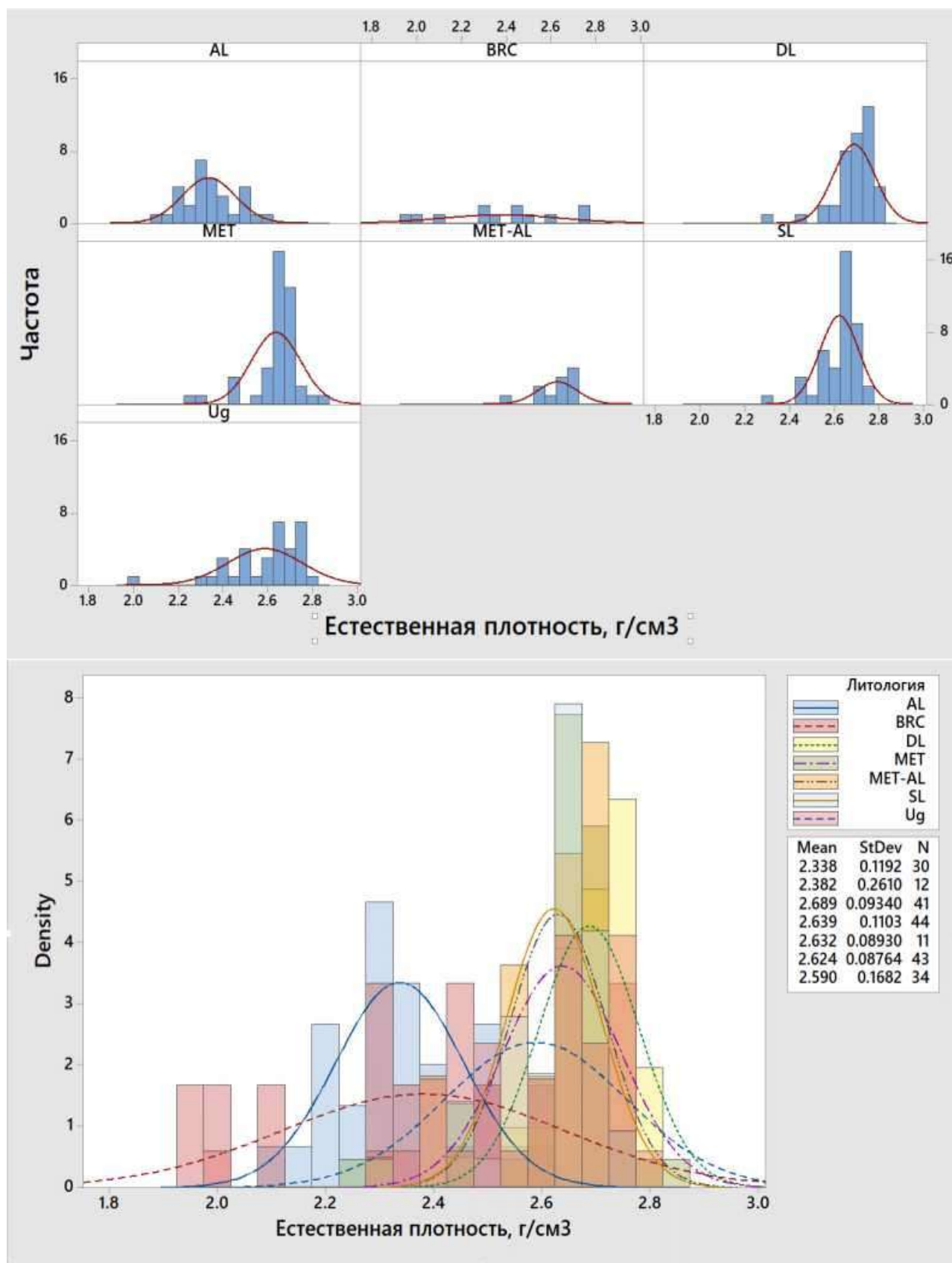


Рис. 4. Графики распределения определений объемного веса

Таблица 1
Показатели распределения результатов определений объемного веса и прочности на одноосное сжатие

Код породы	Объемный вес, г/см ³			Прочность на одноосное сжатие UCS, МПа		
	Среднее	n	Кв	Среднее	n	Кв
AL	2.336	27	5%	7.51	8	60.8%
BRC	2.412	10	11%	9.25	2	34.2%
DL	2.682	34	4%	40.92	17	47.7%
MET	2.633	39	4%	49.20	17	49.0%
MET-AL	2.622	9	4%	27.57	5	49.2%
SL	2.621	37	3%	37.11	14	49.3%
Ug	2.602	42	6%	33.26	10	54.9%

Примечание: Кв – коэффициент вариации; n – количество определений

По результатам испытаний вычисляли предельные значения прочности по формуле:

$$\sigma_1 = F/S + \sigma_3 \cdot (1 - S_n/S_0),$$

где: F – вертикальная нагрузка, кН;

S₀ – площадь поперечного сечения образца, см²;

σ₃ – всестороннее давление в камере, МПа;

S_n – площадь поперечного сечения поршня, см².

Испытания на сдвиг по плоскости распила и по естественной трещине (трёхстадийный сдвиг) проведены в соответствии с ASTM D5607-16 «Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force» с использованием сервогидравлической испытательной системы GCTS RDS 200 (рис. 2).

Сущность метода заключается в измерении сдвиговой и нормальной к поверхности распила или естественной трещины сил и в определении зависимости сдвигающей силы от прикладываемых нормальных напряжений. Данный вид испытаний включал в себя следующие этапы:

- изготовление составных образцов, содержащих плоскость распила или естественную трещину;
- заливку составных образцов специальным цементом в стальных обоймах (кольцах);
- установку в срезные матрицы стальных обойм с залитыми образцами (матрицы показаны на рис. 3);
- проведение испытаний при 3-х заданных значениях нормальной силы.

Начальная нормальная нагрузка, при которой производился сдвиг, варьировалась при испытаниях с тем, чтобы обеспечить определение отдельно пиковую и остаточную прочность трещины.

Образцы для испытаний представляли собой части исходного зерна диаметром 60-65 мм, содержащие плоскую поверхность распила перпендикулярно их продольной оси или естественную трещину. Высота каждой части составного образца составляла от 35 до 40 мм. Площадь плоской поверхности сдвига в образцах составляла приблизительно 3000-3500 мм².

При испытании на прямой сдвиг, закрепленный в матрицах-держателях составной образец, непрерывно подвергали сдвигающей нагрузке со скоростью сдвигового смещения около 1 мм/мин до стабилизации сдвигающей силы, после чего задавали следующую ступень вертикальной нагрузки и продолжали прикладывать сдвигающее усилие до стабилизации его на новом уровне. Испытания каждого образца проводились при трех заданных уровнях вертикальной нагрузки.

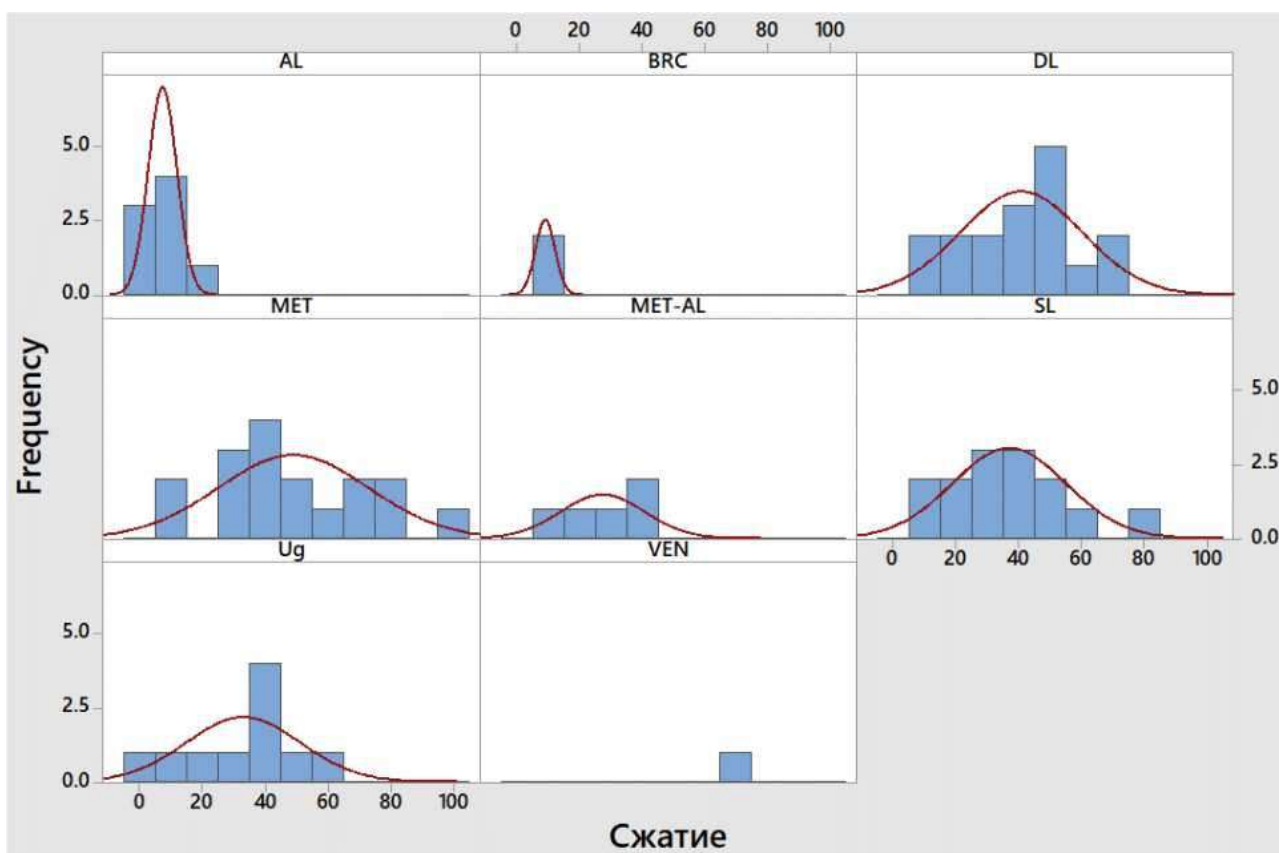


Рис. 5. Графики распределения прочности на одноосное сжатие UCS

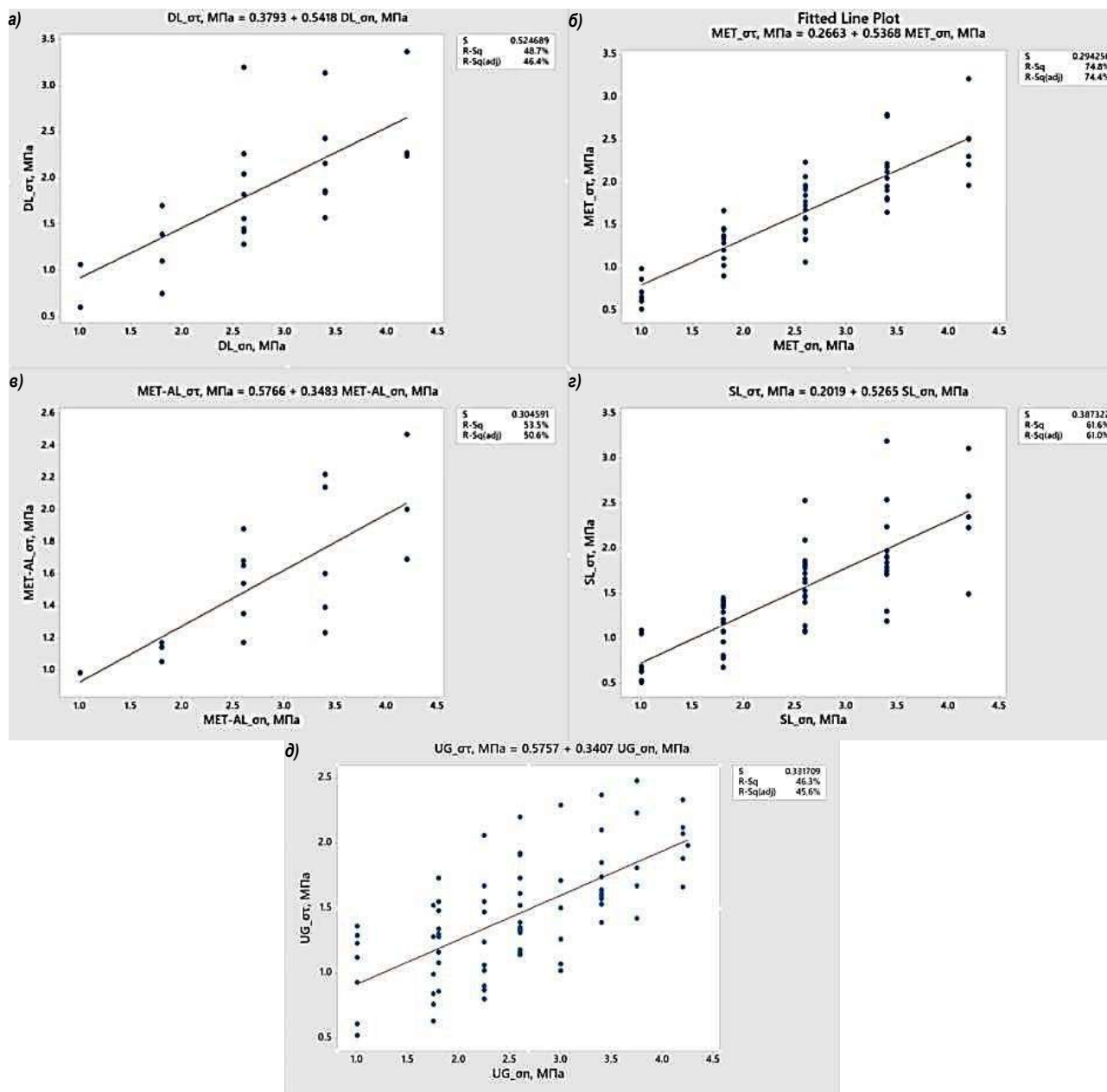


Рис. 6. Графики пиковой прочности трещин

Испытания сопровождалось непрерывным измерением нагрузок (сдвигающей и вертикальной) и бокового (касательного) смещения при помощи системы сбора и обработки информации, входящей в состав системы RDS-200. Касательное напряжение (напряжение сдвига) m , МПа, и нормальное (вертикальное) напряжение on , МПа, рассчитывали по формулам: $\sigma_n = P_n/A$;

$$\tau = P_s/A,$$

где P_s – суммарная сила сдвига, кН;

P_n – суммарная вертикальная сила, кН;

A – площадь перекрытия поверхностей сдвига, см².

Естественную плотность определяли на образцах правильной формы в соответствии с ASTM D7263-09 «Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens», ГОСТ 5180-2015 «Методы лабораторного определения физических характеристик».

Плотность определяли методом непосредственных измерений, по следующей формуле:

$$\rho = m \cdot 4000 / \pi \cdot d^2 \cdot h;$$

где m – масса образца, г;

d – средний диаметр образца, мм;

h – средняя высота образца, мм.

Результаты лабораторных испытаний подвергнуты статистическому анализу.

Целями данного анализа является изучение характера распределений результатов испытаний, допустимости объединения единичных результатов испытаний в группы по принадлежности проб к литотипу, определение показателей распределения и средних значений.

На рис. 4 приведены гистограммы определений объемного веса по литологическим разновидностям пород.

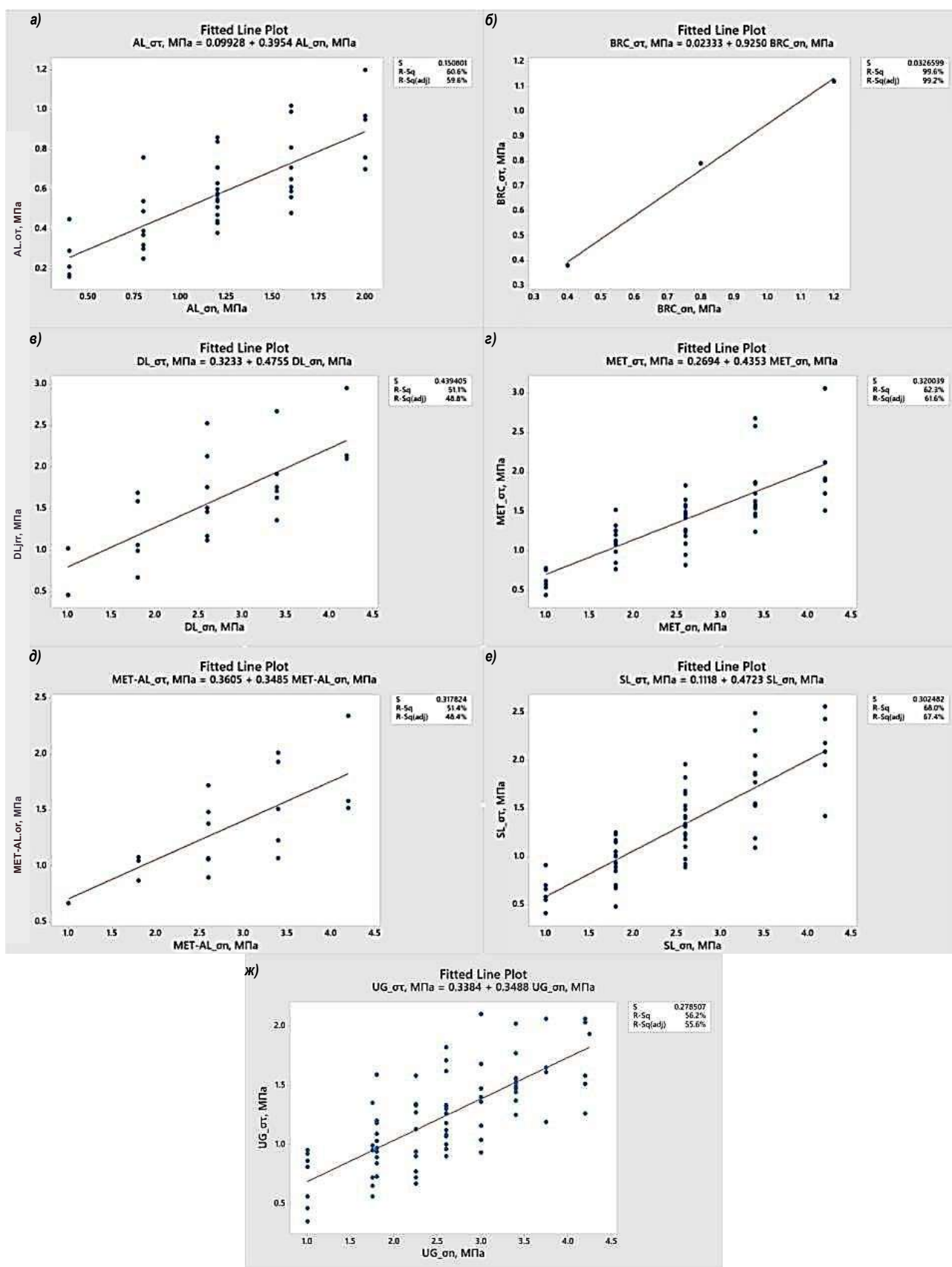


Рис. 7. Графики остаточной прочности трещин

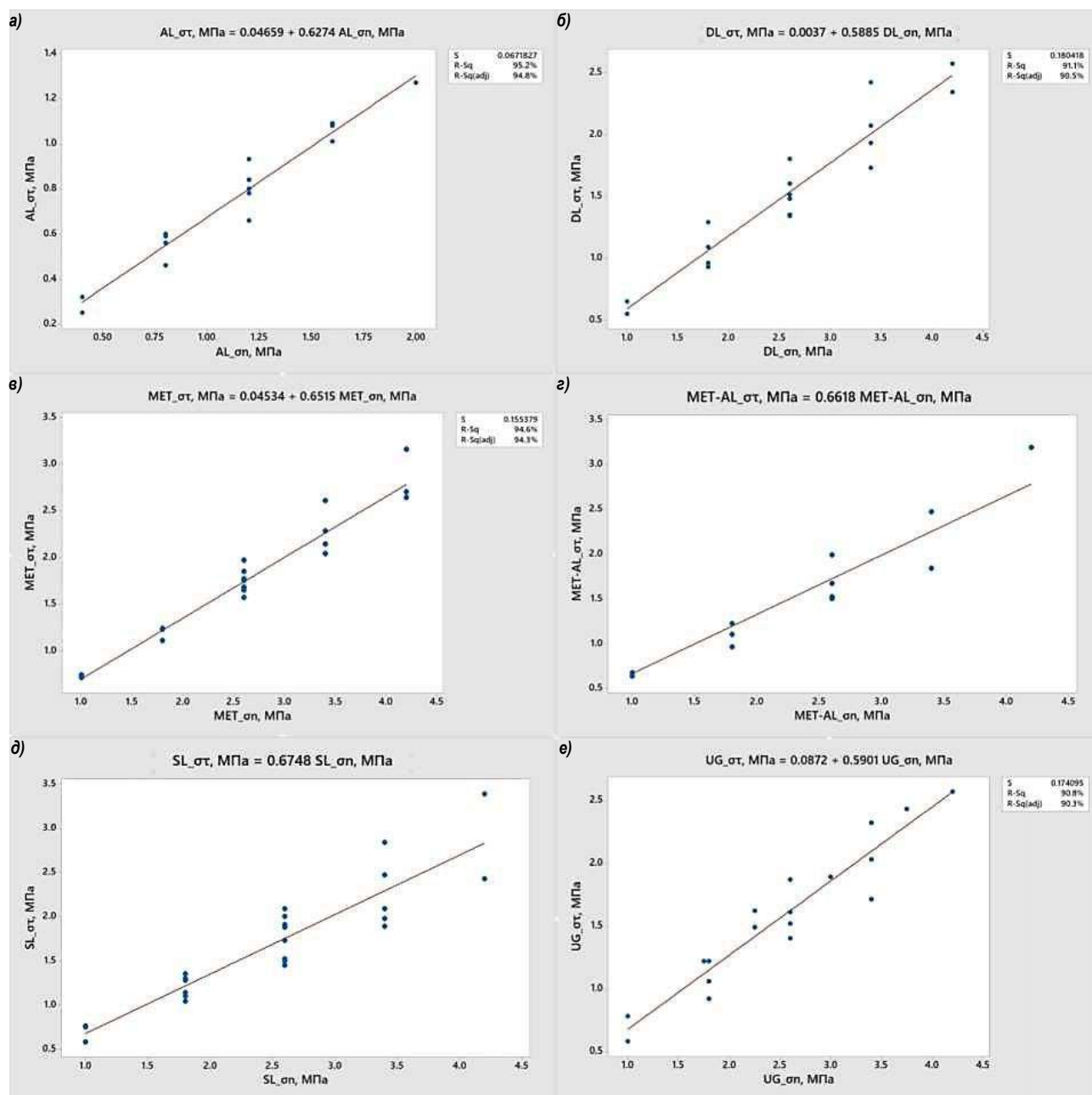


Рис. 8. Огибающие прочности на сдвиг по распылу

Из графиков на рис. 4 видно, что по результатам испытаний свойственно нормальное распределение значений. Части пород (DL, UG) характерно смещение наиболее высоких столбцов гистограммы к верхней границе интервала распределения, что может говорить об отборе наиболее крепких, а не наиболее характерных проб.

Это желательно проверить при дальнейших исследованиях на месторождении. Все графики характеризуются одной модой и однородным распределением, то есть объединение результатов испытаний (проб) в группы по литотипам выглядит вполне обоснованным и допустимым.

Совмещенные кривые распределений на рис. 5 показывают, что сланцы, металавролиты и метасоматиты довольно схожи по распределению объемного веса.

Определены показатели распределения и средние значения объемного веса по породам (табл. 1). Также в табл. 1 приведены аналогичные показатели для прочности на одноосное сжатие.

По объемному весу значения коэффициента вариации находятся в допустимых пределах (<15% по ГОСТу «Методы статистической обработки результатов испытаний»).

По прочности на одноосное сжатие коэффициент вариации изначально получен очень высокий, заметно превышающий допустимые пределы (< 30%).

В связи с этим некоторые сильно отклоняющиеся результаты определений исключены.

Согласно упомянутому ГОСТу превышение принятых пределов коэффициента вариации допускается при нормальном распределении результатов определений. На рис. 5 далее приведены

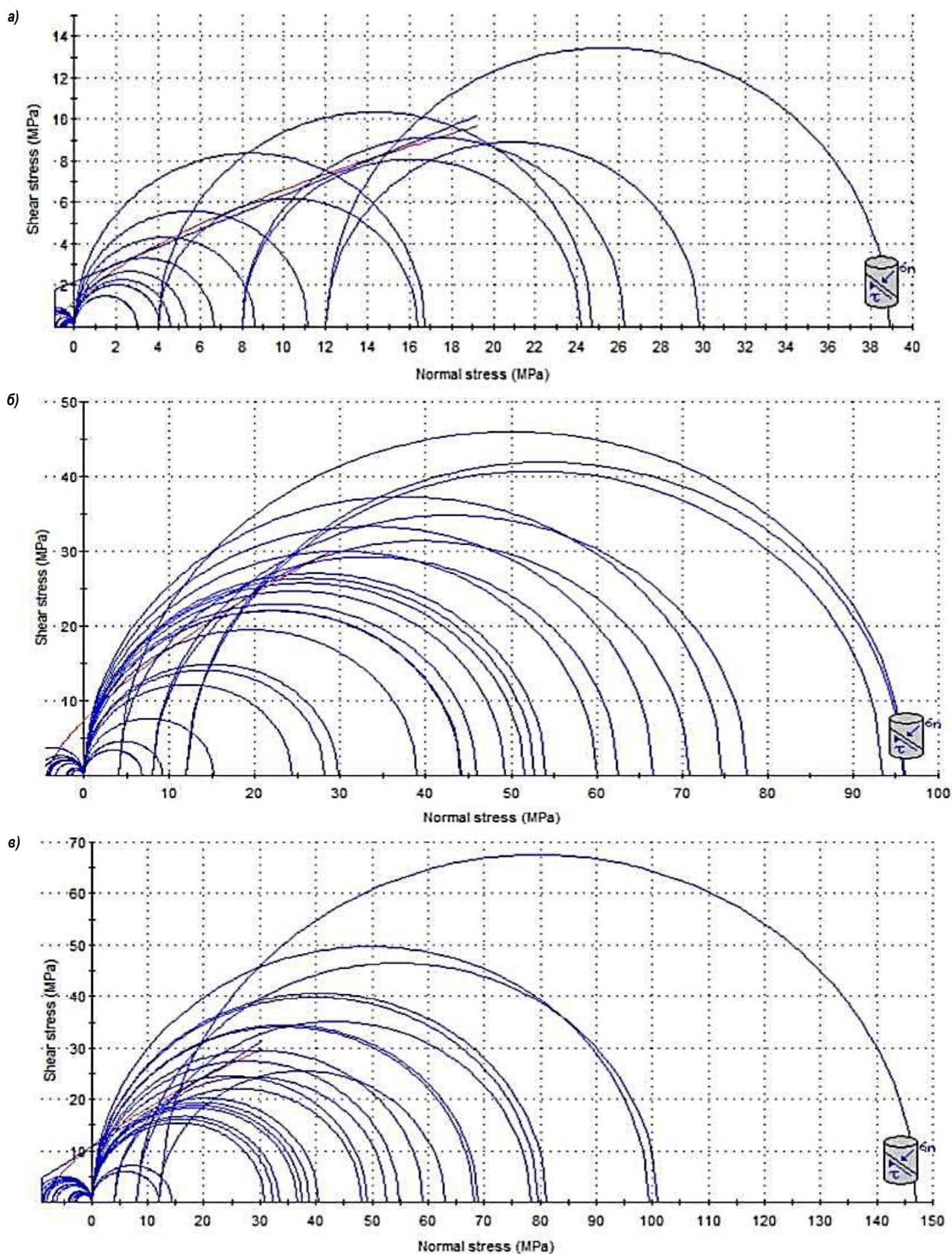


Рис. 9. Графики огибающих прочности с отображением результатов испытаний: а – по алвеолитам; б – по доломитам; в – по метасомитам

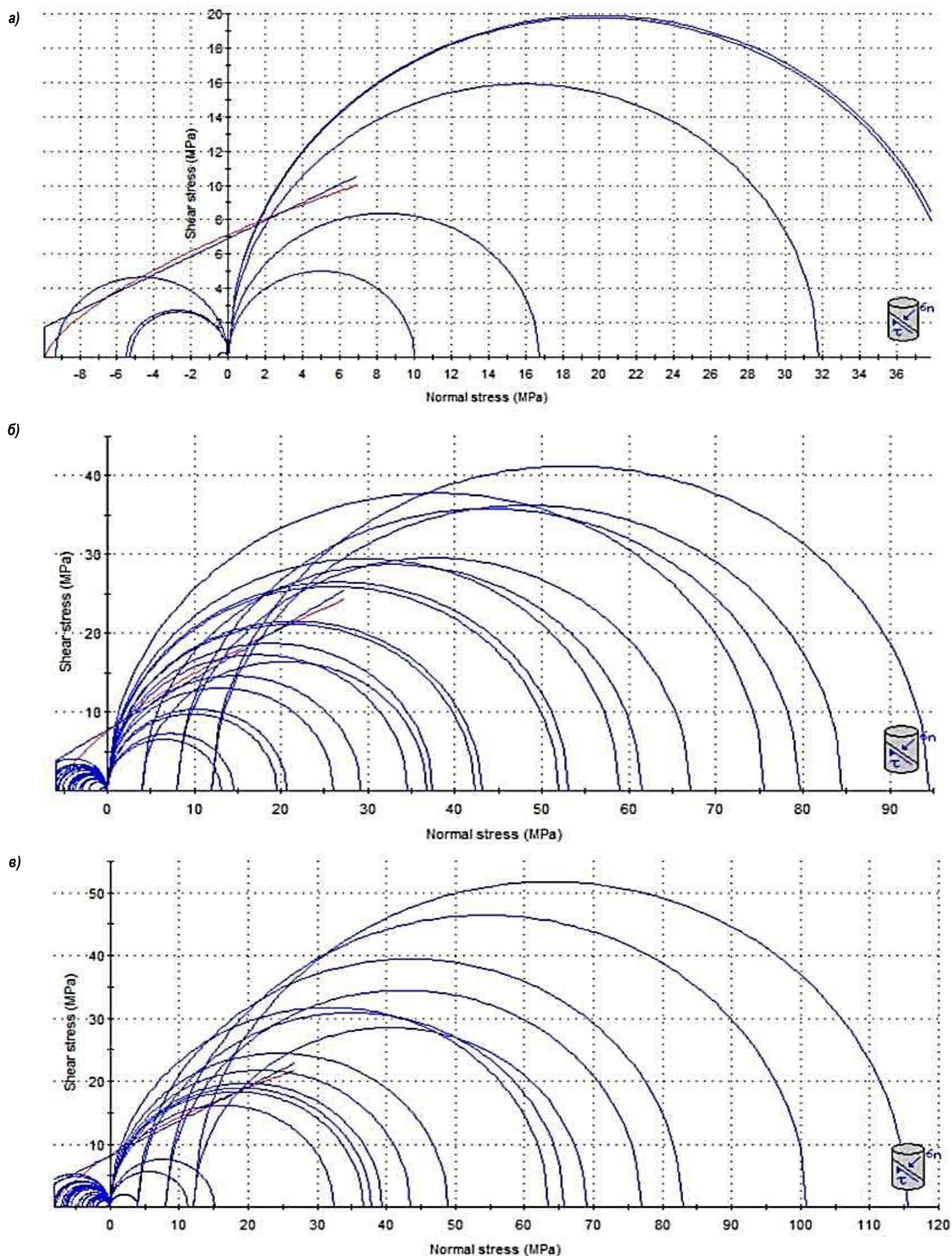


Рис. 10. Графики огибающих прочности с отображением результатов испытаний: а – по метаалевролитам; б – по сланцам; в – по углистым сланцам

Сводная таблица всех физико-механических характеристик пород

Порода	AL	BRC	DL	MET	MET-AL	SL	Ug	
Естественная плотность, g/cm^3	2.336	2.412	2.682	2.633	2.622	2.621	2.602	
UCS, Мпа	7.51	9.25	40.92	49.20	27.57	37.11	33.26	
UTS, МПа	0.96	1.02	3.87	6.33	5.17	4.63	5.11	
σ_{ci} , МПа	5.40	–	36.47	43.30	21.40	30.80	29.68	
τ_i	5.819	–	8.209	4.883	2.159	5.231	3.673	
C, МПа*	2.179	–	8.062	10.70	6.910	7.715	8.135	
φ , град*	22.59	–	39.09	34.06	27.61	33.06	28.84	
Ksof	0.78	0.26	0.87	0.49	0.68	0.65	0.45	
E, ГПа	7.62	30.60	35.18	35.00	30.07	24.36	22.79	
$\nu_{ГОСТ}$	0.18	0.17	0.19	0.16	0.19	0.18	0.18	
ν_{ASTM}	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.19	0.21	
Пиковое	C, МПа	0.1333	0.5567	0.3793	0.2663	0.5766	0.2019	0.5757
	φ , град	27.6	29.4	28.4	28.2	19.2	27.8	18.8
Остаточное	C, МПа	0.09928	0.3233	0.2333	0.2694	0.3605	0.1118	0.3384
	φ , град	21.6	25.4	42.8	23.5	19.2	25.3	18.7
По распилу	C, МПа	0.04659	–	0.0037	0.04534	0	0	0.0872
	φ , град	32.1	–	30.5	33.1	33.5	34.0	30.5

* сцепление и угол внутреннего трения определены как аппроксимация кривой прочности Хука

графики распределения величин UCS по данным лабораторных определений.

Из рис. 5 видно, что графики одномодальные, однородные и описываются нормальным законом распределения, поэтому полученные средние значения прочности на одноосное сжатие принимаются, несмотря на высокий коэффициент вариации.

Дополнительно к этому выполнен анализ пространственной изменчивости UCS. Данный анализ не показал наличия каких-либо зависимостей от глубины, планового положения, близости к рудным телам или тектоническим нарушениям и т.п. То есть уменьшить вариацию значений UCS в массиве с помощью разделения границ литотипов на субдомены на основе имеющихся данных невозможно. Для определения параметров прочности трещин и распила на сдвиг по результатам испытаний построены линейные аппроксимации результатов испытаний. Отдельно построены графики для пиковой прочности, остаточной прочности трещины и распила (рис. 6-8). Результаты определения сцепления и угла внутреннего трения по поверхностям ослабления приведены в

сводной таблице (табл. 2) со всеми остальными физико-механическими характеристиками.

Для нахождения параметров прочности на сдвиг произведена обработка результатов испытаний на одноосное сжатие UCS, трехосное сжатие TXT и растяжения UTS в программном комплексе RocData. В данной программе рассчитана линейная аппроксимация результатов испытаний, представленных в виде кругов Мора. Графические отображения кругов и кривой прочности Хука-Брауна по каждому типу горных пород приведены на рис. 9-10.

Упругие характеристики и коэффициенты размягчения рассчитаны с учетом объединения отдельных литотипов. Все средние значения физико-механических свойств пород приводятся в сводной таблице (табл. 2).

В целом про результаты лабораторных испытаний следует добавить, что объем выполненных определений свойств пород достаточен для проведения оценки устойчивости любыми методами – кинематическим анализом, вероятностными способами, методами предельного равновесия и т.д.

Библиографический список:

1. Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела-Межотраслевой научный центр ВНИИ. Отчёт, 2021 г.
2. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
3. Bieniawski Z.T. Engineering Rock Mass Classifications. New York: Wiley, 1989. – 250 p.
4. Быковцев А.С., Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. – Ташкент: ФАН, 2000. – 271 с.
5. Руководство по геомеханическому документированию керна. SRK Consulting, 2009.
6. Hoek E., Carter T.G., Diederichs M.S. Quantification of the Geological Strength Index Chart // 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium held in San Francisco, CA, USA, 23-26 June 2013.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО ВОДОЁМА АО «АГМК»



Самадов А.У.,
директор
Алмалыкского филиала ТГТУ,
д.т.н., профессор



Каримов М.М.,
доцент кафедры
«Химическая технология»
Алмалыкского филиала ТГТУ, DSc



Джаббарова Б.И.,
ассистент кафедры
«Металлургия» Алмалыкского
филиала ТГТУ



Усманов Ш.А.,
младший научный сотрудник
лаборатории переработки нерудных,
полезных ископаемых ГУ «ИМР»

Tog'-kon sanoati atrof-muhitni o'zgarishiga va tog'-kon sanoati joylashgan hududlarining tabiiy komplekslariga geokimyoviy ta'sir etuvchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Kislotali muxitga ega bo'lgan shaxta suvlari bu sohadagi eng keng tarqalgan va jiddiy muammolardan biridir. Shaxta suvlari zaharli metallar bilan to'yingan bo'lganligi sababli ular foydali komponentlarning sulfidli minerallarini sulfat kislotalari bilan ta'sirlashuvi natijasida, qazib olish paytida ham, tugatgandan keyin ham hosil bo'ladi. Kon yopilgandan keyin kislotali suv hosil bo'lishining davomiyligi bir necha o'n yoki yuz yil bo'lishi mumkin [1]. Kislotali kon suvlarini tozalash muhim ekologik vazifadir [2]. Asosiy qiyinchilik shundaki, tarkibida yuqori pH ko'rsatkichli va konsentratsiyali metallar va sulfatlarga ega, murakkab ko'p komponentli biriktalar bo'lgan katta hajmdagi suvni tozalash kerak [3]. Atrof-muhitga nazoratsiz ta'sir ko'rsatmaslik uchun ushbu suvlar daryolarga quyilishidan yoki korxonalarining texnologik jarayonlarida qayta ishlatilishidan oldin bir joyga yig'ish, uning tarkibini me'yoriy ko'rsatkichlarga yetkazish kerak.

Tayanch iboralar: tog'-kon sanoati, ekologiya, texnogen suv havzasi, texnik suv, tadqiqot, kimyoviy tarkibi, tozalash, ion almashiruvi.

Горнодобывающая промышленность является значимым фактором преобразования окружающей среды и источником геохимической нагрузки на природные комплексы горнопромышленных территорий. Кислые шахтные воды представляют собой одну из наиболее распространенных и серьезных проблем в этой области. Насыщенные токсичными металлами, они образуются в результате сернокислотного выветривания сульфидных минералов как при отработке, так и после ее завершения. Продолжительность формирования кислых вод после закрытия рудника может составлять несколько десятков или сотни лет [1]. Очистка кислых шахтных вод является важной экологической задачей [2]. Основная сложность заключается в том, что необходимо очищать большой объем воды, который представляют собой сложную многокомпонентную систему с низким pH и высокой концентрацией металлов и сульфатов [3]. Во избежание неконтролируемого воздействия на окружающую среду эти воды необходимо собирать и доводить содержание загрязняющих компонентов до нормативных показателей перед сбросом в реки или повторном их использовании в технологических процессах предприятий.

Опорные слова: горнодобывающая промышленность, экология, техногенный водоём, техническая вода, исследование, химический состав, очистка, ионообменная технология, деминерализация.

В мире появляется широкое многообразие промышленных стоков, требующих особого изучения относительно каждой отрасли промышленности. Несомненно, именно промышленные предприятия выступают основным источником экологических проблем, связанных со сбросом сточных вод, которые существуют в современном мире. Ведь производственные предприятия сами по себе предполагают использование химических веществ в различных технологических процессах, которые и попадают в стоки и далее в водоёмы. Тем самым наносится колоссальный вред окружающему миру [4]. В природных условиях миллионы лет очистка воды происходила в морях, реках и других водоёмах. Происходил естественный процесс саморегуляции живых экосистем и самоочищения воды. Он протекал медленно, но эволюция успешно с этим справлялась. Сейчас природа уже не в состоянии самоочищаться. Техногенная нагрузка приводит к увеличению количества отходов. Предотвращение загрязнения водных объектов сточными водами, а также охрана поверхностных вод от загрязнения сточными водами – это важнейшие задачи, которые стоят перед современным обществом.

Узбекистан сталкивается с серьезными проблемами в водном секторе, в особенности как самая густонаселенная страна в Центральной Азии, испытывающая серьезный водный дефицит.

Эта проблема усугубляется увеличением производственных мощностей промышленных предприятий, которые берут большие объёмы воды для производства и неэффективным использованием воды. А при сбросе промышленных стоков в городские коллекторы увеличивает нагрузку на городские очистные сооружения. Исходя из указанного фактора, на каждом предприятии является важным решение задач, связанных с их очисткой. Очистка сточных вод предприятий и сбросных вод образующихся техногенных водоёмов требует внедрения новых технологий, способных свести к минимуму негативное влияние на экологию. В этой связи в Узбекистане на сегодняшний день успешно разрабатываются, выпускаются и повсеместно внедряются современные высокоэффективные водоочистные оборудования.

Однако крупные предприятия нашей республики, одним из которых является АО «Алмалыкский ГМК», также сталкиваются с выше указанными проблемами. Например, в последние десять лет на месте отработанного цинкового карьера на высокогорье за счёт накопления подземных вод и природных осадков образовался пруд с объёмом около 25000 м³. Сохранения объёма водоёма почти на одинаковом уровне всего времени наблюдений указывает на впитывания определённого количества воды в грунтовые воды, что

Таблица 1

Элементный состав взятых усреднённых проб воды из обследуемого водоёма в различные периоды года методом пламенно-эмиссионной спектроскопии

Определяемые компоненты, мг/л																			
Au	Pt	Ag	Rh	Ir	Ru	Al	Ca	Co	Cr ₂	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	Si
Проба воды взятой из водоёма																			
<1	<1	<1	<1	<1	138	30	575	<1	<1	<1	5	315	1	2	5	1	<1	1	1
Вода после ионообменной очистки (катионит)																			
<1	<1	<1	<1	<1	140	16	20	<1	<1	<1	5	3	1	2	5	<1	<1	<1	1
Вода после ионообменной очистки (анионит)																			
<1	<1	<1	<1	<1	116	11	23	<1	<1	<1	5	2	1	2	5	<1	<1	<1	1

Таблица 2

Элементный состав взятых усреднённых проб воды из обследуемого водоёма в различные периоды года методом пламенно атомно-абсорбционной

Определяемые компоненты, мг/л																			
время взятия пробы - 11.07.2023																			
Au	Pt	Ag	Rh	Ir	Ru	Al	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	Si
<1	<1	<1	<1	<1	138	30	575	<1	<1	<1	5	315	<1	2	5	<1	<1	1	1
время взятия пробы -22.01.2024																			
<1	<1	5	<1	<1	<1	2	8	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	18
время взятия пробы -11.03.2024																			
<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	350	<1	<1	<1	<1	319	<1	1	<1	<1	<1	5	<1
время взятия пробы -11.05.2024																			
<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	359	<1	<1	<1	<1	321	<1	2	<1	<1	<1	5	<1

создаёт большую экологическую проблему для города Алмалыка. Целью наших исследований было комплексное изучение проблемы и нахождение оптимального решения возможности повторного использования очищенной воды из данного техногенного водоёма в водоснабжении производственных предприятий АО «Алмалыкский ГМК».

С целью изучения минералогического и химического состава воды в исследуемом водоёме в период с октября 2023 года по июль 2024 года периодически отбирали пробы в количестве до 100 литров. Проба отбор проводилась с лодки с различных участков водоёма. Слой воды составлял 1-4 м (табл. 1). Потенциометрические исследования и эксперименты по ионообменной очистке воды проводили в химико-аналитической лаборатории Алмалыкского филиала ТГТУ.

В качестве ионообменных смол использовали промышленно выпускаемые иониты КУ-2-8 и АН-31. В экспериментах соблюдали общепринятые условия сорбции-десорбции [5, 6]. Анализы проб выполнены в центральной лаборатории АО «Алмалыкский ГМК» и лаборатории «Решения проблем водоснабжения» центрального научного центра НГМК с использованием методов пламенно-эмиссионной спектроскопии (на приборе марки ТУ-9900 (ICP-AES) фирмы DRAWEL), пламенно атомно-абсорбционной (на приборе марки Квант-2А фирмы Кортэк), с ионизацией в индуктивно связанной плазме. В каждой пробе определено по 23 компонента. Содержание остатков кислот определяли по установленным нормативам.

В горной промышленности попутно с добычей полезных ископаемых забирается вода, объём которой в несколько раз превышает объём потребления ее другими промышленными предприятиями. Поэтому создание бессточных систем на горнодобывающих предприятиях является очень актуальным. Планы увеличения производственных мощностей до 2030 года АО «Алмалыкский ГМК» предусматривает увеличение водозабора для вновь создаваемых предприятий.

В связи с этим использование повторно очищенной воды из техногенного водоёма образованного на месте отработанного цин-

кого карьера представляется и с точки зрения экономики выгодным, и экологии является очень востребованным, а высокое его расположение делает данный проект технический удобным.

Для проведения экспериментов были взяты пробы воды в различные периоды года. Биосфера водоёма очень слабо развита, что можно объяснить кислым рН воды. В период наблюдения рН исследованных проб воды составлял от 5,0 до 6,5. Результаты исследования химического состава взятых проб указывает на высокую минерализованность (от 1,2 до 1,4 г/л), а также жёсткости воды (табл. 1-3).

По составу вода сульфатная (концентрация сульфат-иона до 3960 мг/л), хлор обнаружен в количестве 155–190 мг/л, гидрокарбонат-ион – не более 14 мг/л. Содержание азотистых соединений незначительно (табл. 2). Среди катионов на первом месте находятся кальций, потом магний и на третьем месте – алюминий.

В научной литературе имеются различные способы очистки сточных вод [7, 8]. Как показывает анализ работ в этом направлении на предприятиях, применяются в настоящее время, в основном, реагентные, ионообменные, электрохимические (электрокоагуляционные) и другие методы очистки.

Недостатком реагентного метода является длительность и трудоемкость осуществления процессов, большой расход реагентов и значительные эксплуатационные затраты, большая металлоёмкость и громоздкость применяемых установок, занимающих значительные производственные площади. Продолжительность восстановления хрома при реагентных методах в зависимости от его концентрации в исходных стоках и рН среды составляет от 15 до 40 мин, расход реагентов – восстановителей 150-250% от теоретически необходимого [7, 8]. При ионообменной очистке продолжительность процесса 0,5-1,5 ч, а возможность многократной периодической регенерации ионитов, а также простота конструкторского оформления определило широкое внедрение данного способа в различных предприятиях [9].

Применение электрохимической очистки приводит к пониженному содержанию железа в очищенных сточных водах, однако к значительным расходам электроэнергии (от 2 до 6 кВт·ч

Таблица 3

Химический состав взятых усреднённых проб воды из обследуемого водоёма в различные периоды года аналитическим методом

Определяемые компоненты, мг/л					
ремя взятия пробы – 11.07.2023					
C SO_4^{2-}	Cl ⁻	N NO_2^-	N NO_3^-	HC CO_3^{2-}	S SO_4^{2-}
10.2	175.9	0.02	145.5	13.4	3289.2
время взятия пробы – 22.01.2024					
8.3	190.5	0.03	151.8	13.7	3945.0
время взятия пробы – 11.03.2024					
8.0	185.2	0.02	146.1	13.6	3225.0
время взятия пробы – 11.05.2024					
8.9	190.5	0.02	138.3	13.7	3961.0

Таблица 4

Химический состав технической воды применяемых на производствах АГМК

Au	Pt	Ag	Rh	Ir	Ru	Al	Ca	Co	Cr ₂	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	Si
Оборотная вода МОФ АГМК																			
<1	<1	<1	<1	<1	<1	15	120	<1	<1	<1	4	11	<1	1	4	<1	<1	<1	1
Оборотная вода МПЗ, СКЦ АГМК																			
<1	<1	<1	<1	<1	<1	11	230	<1	1	3	4	19	<1	1	4	<1	<1	<1	1

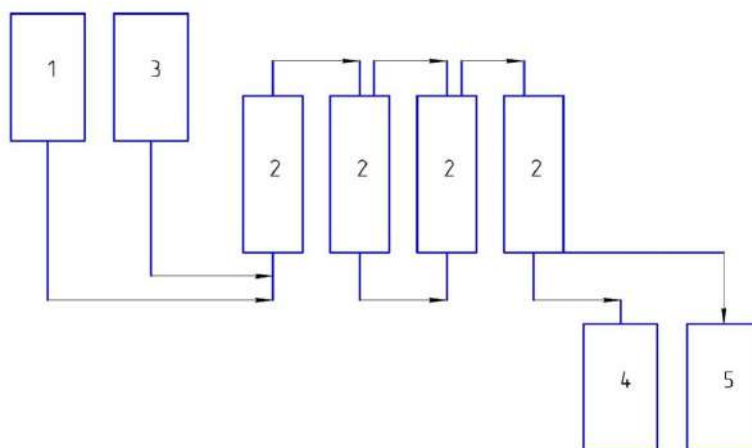


Рис. 1. Технологическая схема очистки воды техногенного водоёма: 1 – ёмкость для накопления воды из техногенного водоёма; 2 – пакет колонок набитых сорбентом; 3 – ёмкость для хранения регенерирующего раствора; 4 – сборник для очищенного раствора; 5 – сборник для регенерата

на 1 м³ стоков) и металла (листовой прокат для электродов используется на 50-60%), процесс очистки существенно зависит от колебаний расхода стоков и температуры, солевого состава и концентрации загрязняющих веществ, требует проверки и подтверждения целесообразности применения в каждом конкретном случае экспериментальным путем [10].

Сопоставление химического состава воды применяемых на меднообогатительной фабрике (МОФ) и медеплавильном заводе (МПЗ) в серноокислотном цехе (СКЦ) АО «Алмалыкский ГМК» (табл. 4) с химическим составом исследуемого водоёма (табл. 1, 2) показало, что её жёсткость в несколько раз больше чем применяемые в технологических циклах воды.

Исходя из химического состава воды исследуемого водоёма в качестве метода её очистки был выбран ионообменный способ.

В качестве ионообменных смол исходя из литературного анализа были выбраны промышленно выпускаемые иониты марки КУ-2-8 (катионит) и марки АН-31 (анионит). Очистка воды проводилась

динамическим методом в две стадии. Исходя из вышеизложенного материала нами была изготовлена лабораторная установка (рис. 1) работающая по следующей технологии.

На первой стадии в ёмкость 1 помещают воду из техногенного водоёма, затем этот раствор пропускают через пакет колонок 2 с расходом 2,0-5,0 мл/мин. до проскока (наличие проскока определяют с помощью рН раствора) и сорбируют в сборник 4. После насыщения через пакет колонок пропускают раствор регенерата из ёмкости 3 (водный раствор NaCl) который собирают в сборнике 5

Во второй стадии в ёмкость 1 помещают воду очищенную из техногенного водоёма в первой стадии из сборника 5, затем этот раствор пропускают через пакет колонок 2 с расходом 2,0-5,0 мл/мин до проскока (наличие проскока определяют с помощью рН раствора) и сорбируют в сборник 4 очищенную воду. После насыщения через пакет колонок пропускают раствор регенерата из ёмкости 3 (водный раствор NaOH) который собирают в сборнике 5. Сначала катионитом улавливались ионы металлов, а потом анионитом

Таблица 5

Основные характеристики твердого углеродного остатка пиролиза после технологической обработки

Название показателя	Величина показателя УМ-1	Величина показателя УМ-2
Массовая доля потерь при 105°C, не более	0,7-0,9	0,8-0,9
Зольность, % не более	0,7-1,0	0,9-1,1
Массовая доля общей серы, %	1,4	1,5

остатки кислот. Десорбцию насыщенного катионита проводили 2% водным раствором $NaCl$, а насыщенного анионита 5% водным раствором $NaOH$. Из табл. 5 видно, что очищенная вода водоёма в 5 раз мягче чем использованные воды на предприятиях АО «Алмалыкский ГМК» (табл. 4). В целом при очистке жёсткость воды из водоёма снижается в 15 раз.

Полученные результаты указывают на возможность вторичного использования воды из водоёмов образованных после проведения горнодобывающих работ в промышленных масштабах.

Также разработанная технология может широко применено как для очистки сточных вод гидрометаллургических, так и для машина перерабатывающих предприятий.

Библиографический список:

1. Соколов Л.И. Водоотведение и очистка сточных вод на предприятиях различных отраслей промышленности. - Вологда: Изд. Волоградского ГУ, 2017. - 261 с.
2. Свергузова С.В., Лупандина Н.С., Василенко Т.А., Ольшанская Л.Н. Промышленная экология. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. - 124 с.
3. Mbonimpa M., Bouda M., Demers I., Benzaazoua M., Bois D., Gagnon M. Preliminary geotechnical assessment of the potential use of mixtures of soil and acid mine drainage neutralization sludge as materials for the moisture retention layer of covers with capillary barrier effects//Canadian Geotechnical Journal. - 2016. - V. 53. - No. 5, pp. 828-838.
4. Medyanik N., Shadrunova I., Varlamova I., Chekushina T., Churlyayeva N. Reutilization of neutralization sludge formed during the processing of mining enterprises acidic industrial waters // Metallurgical and Mining Industry. 2016. - No. 10, pp. 61-68.
5. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу. - Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. - 378 С.
6. Бархатов В.И., Добровольский И.П., Капкаев Ю.Ш., Головачев И.В. Способ переработки шламов кислых шахтных вод. Патент РФ, № 2690330, заявл. 13.06.2018; опубл. 31.05.2019. Бюл. № 16. - 23 с.
7. Ильин В.И. Технологические процессы и способы очистки производственных сточных вод. - М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2014. -103 С.
8. Gammons C.H., Icopini G.A. Improvements to the water quality of the acidic Berkeley Pit Lake due to copper recovery and sludge disposal//Mine Water and the Environment. - 2020. - V. 39, pp. 427-439.
9. Беликова С.Е. Водоподготовка: Справочник. Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии. - М.: Аква-Терм, 2007. - 240 с.
10. Воловник Г.И., Коробко М.И. Электрохимическая очистка воды. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. 2002. - 350 с.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Безопасно. Живить и работать.

Государственное предприятие 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



РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ РЕАГЕНТОВ – ВСПЕНИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



Юсупов С.К.,
старший научный сотрудник ИОХ
АН РУз; PhD, докторант



Рузиев Н.Р.,
начальник
Департамента инвестиций
АО «НГМК», д.т.н., доцент



Юсупов Ф.М.,
заведующий лабораторией
«Химическая технология и ПАВ»
ИОХ АН РУз., д.т.н., профессор

Hozirda respublikada qimmatbaho metallar qazib olinadi va xorijdan olib kelinayotgan flotatsion reagentlardan ko'p miqdorda foydalaniladi. Ularni o'zimizda ishlab chiqarilgan mahsulotlarga almashtirish import uchun valyuta xarajatlarini kamaytirish, mahalliy xomashyodan, jumladan, ishlab chiqarish chiqindilaridan oqilona foydalanish imkonini bermogda. Maqolada SHGKK quyi molekulyar polietilen chiqindilari va aminospirotlar (mono-, di- va trietanolamin) asosida olingan reagent -ko'pirtiruvchilarini olishning usullari ko'rib chiqilgan. SK-1 va SK-2 flotoreagent-ko'pirtiruvchilari fizik-kimyoviy va ko'pirtiruvchi xossalarni o'rganish uchun spektroskopik (Rentgenofluoressent taxlil) va boshqa uslublar qo'llanilgan. Reagent-ko'pirtiruvchilarining flotatsiya jarayoniga va noyob va rangli metallarni ajratib olishdagi ta'siri o'rganilgan. Kimyoviy kompozitsion flotoreagent-ko'pirtiruvchilarining optimal tarkibi aniqlandi va ularning parametrlari o'rganildi. SK-1 va SK-2 ko'pirtiruvchilarni Oksal ga nisbatan qo'llash bo'yicha NGMK AJ da ilmiy tadqiqot ishlari olib borildi, ushbu Oksal ko'pirtiruvchilar xozirgi vaqtga qadar qo'llanilib kelinmogda. Ularning natijalari berilgan. SK-1 va SK-2 qo'llashda texnogen chiqindilar tarkibi aniqlangan. Texnogen chiqindilar namunalarining elementar tarkibi SK-1 va SK-2 reaktivlari yordamida aniqlandi. Qimmatbaho va rangli metallarning flotatsiyasi va ekstraksiyasi jarayonida ko'pikli reagentlarning ta'sirini o'rganish natijalari keltirilgan.

Tayanch iboralar: flotoreagent-ko'pirtiruvchilar, sirt-faol moddalar, quyi molekulyar polietilen, kompozitsiya, rudaning flotatsiyasi, kimyoviy reagentlar, nodir va rangli metallar, ko'pikli moddalar

В настоящее время в республике которые добывают драгоценные металлы и используют в больших количествах флотореагенты, импортируемые из-за границы. Замена их продукцией отечественного производства позволяет снизить валютные издержки на импорт и рационально использовать местное сырье, в том числе отходы производства. В статье рассматриваются методы получения реагентов-вспенивателей на основе отходов ШГЖК низко молекулярного полиэтилена и аминоспиртов (моно-, ди- и триэтаноламин). Для исследования физико-химических и пенообразующих свойств флотореагентов – вспенивателей СК-1 и СК-2 были применены спектроскопические методы (Рентгенофлуоресцентный анализ) и другие методы. Приведены результаты исследований влияния реагентов-вспенивателей в процессе флотации и извлечения драгоценных и цветных металлов. Выбран оптимальный состав композиционных химических флотореагентов – вспенивателей и определены их параметры. Проведены научные исследования в АО НГМК по применению аналогов вспенивателя СК-1 и СК-2 в сравнении с реагентами (Оксаль), которые используются на данный момент в комбинате и даны их результаты. Определен элементный состав проб техногенного отхода при использовании реагентов СК-1 и СК-2. Определен элементный состав проб техногенного отхода при использовании реагентов СК-1 и СК-2. Приведены результаты исследований влияния реагентов-вспенивателей в процессе флотации и извлечения драгоценных и цветных металлов.

Опорные слова: флотореагенты – вспениватели, поверхностно-активные вещества, низко молекулярный полиэтилен, композиция, флотация руды, химические реагенты, редкоземельные и цветные металлы, пенообразователи, пенообразователи.

Использование вторичного сырья с целью добычи полезных материалов для их дальнейшего использования является все более экономически выгодным. В частности, использование флотореагентов, получаемых из вторичных сырья для извлечения драгоценных и цветных металлов в угольной и горнодобываемой промышленности являются выгодными источниками во многих предприятиях страны [1].

Существуют ряд технологий и методик обработки подобных отходов, но из-за ряда проблем широкого распространения они не находят. По мере развития современного производства с его масштабом и темпами роста все большую актуальность приобретают проблемы разработки и внедрения мало- и безотходных технологий.

На протяжении многих десятилетий основным источником производства черных и цветных металлов являются руды. При добыче и переработке вовлекаются руды богатые по содержанию ценных компонентов (металлов) [2].

Необходимо обогащение углей с высокой зольностью, добываемых на шахтах перед отправкой на коксование. Метод флотации применяется для мелких классов углей. Флотация эффективный метод обогащения угольной мелочи и широко применяется на угольдобываемых предприятиях. Физико-химические свойства используемых реагентов влияет на эффективность процесса флотации. В процессе флотации используются реагенты-собиратели и реагенты-вспениватели. Реагенты-собиратели, адсорбируются на

поверхности углей, при этом повышают гидрофобность зерен, обеспечивая их высокую флотуемость. Реагенты вспениватели, в результате адсорбции на границе раздела фаз жидкость – воздух, понижают поверхностное натяжение. При этом образуются пузырьки определенного размера и прилипания к ним взвешенных частиц, и повышается стабилизация пены [3]. Вспениватели обладают поверхностной активностью, при высокой молекулярной массе они могут проявлять собирательные свойства. Это свойство важно для флотационной очистки сточных вод, которые содержат синтетические ПАВ типа алкилсульфатов, алкиларилсульфонатов и т.п. Они обладают пенообразующими и собирательными свойствами, которые сокращают расходы реагентов. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко применяются во многих отраслях промышленного производства, при добыче полезных ископаемых и в быту. Буровые растворы имеют важное значение при бурении скважин. От их способности выполнять свои функции в различных геолого-технических условиях зависит эффективность буровых работ. [4]

Поверхностно-активные вещества играют важную роль во многих технологических процессах. С помощью ПАВ достигается эффективное эмульгирование, диспергирование, пластификация, структурирование, регулирование реологических и других свойств различных систем. Молекулы поверхностно-активных веществ являются амфифильными: одна часть молекулы является гидрофобной и неполярной, представляющая собой углеводородный радикал («хвост»), не обладающий средством к воде; другая часть молекулы — гидрофильна («голова»). Стабилизирующее действие ПАВ даёт заряд поверхности капель, создаёт защитную гидратную оболочку на их поверхности и могут создавать структурно-механический барьер. Натриевые соли ПАВ лучше растворяются в воде и способны стабилизировать эмульсии типа «масло в воде» [5].

Флотация руд является основным технологическим процессом в производстве различных цветных металлов. До сегодняшнего известны различные способы совершенствования и интенсификации процессов флотации:

- разработка новых схем обогащения и оборудования, автоматизации процессов обогащения и дозирования реагентов;
- автоматизированный контроль процессов производства;
- магнитная и электрохимическая обработка флотационной пульпы;
- изыскание эффективных реагентов [6].

Одним из наиболее удобных путей улучшения и интенсификации обогащения, является синтез химических реагентов, при использовании которых можно достичь высоких технических показателей флотации на существующем оборудовании. Для создания новых химических реагентов, необходимо вести процесс в нескольких направлениях:

- 1) синтез ксантогенатов с различной природой углеводородных радикалов;
- 2) синтез новых вспенивателей.

При постоянном повышении интенсивности извлечения металлов из пульпы спрос на реагенты вспенивателей увеличивается. Устойчивость пены является основным фактором при процессе

флотации. Эффективность вспенивателей оценивается их расходом на одну тонну руды при флотации. Чем ниже расход реагента, тем эффективнее реагент [7].

В качестве реагентов-вспенивателей при обогащении углей Российских шахт были выбраны: кубовые остатки производства бутиловых спиртов (КОБС), высокомолекулярные спирты (ВМС), ЭКОФЛ 440 (ЭК-440). В качестве реагента-собирателя был выбран термогазойль. Характеристики реагентов-вспенивателей, представлены в *табл. 1*.

При использовании реагента-вспенивателя ЭК440 суммарный выход концентрата составил 65,4% с зольностью 14,5%. Извлечение горючей массы в концентрат составляет 88,3%.

Для определения качества разработанных флотореагентов-вспенивателей были использованы современные методы физико-химического анализа таких как, ИК-спектроскопия, масспектроскопия, метод флотационного обогащения и другие стандартные методы исследования.

В настоящее время в Навоийском (НГМК) Республики Узбекистан флотуруются золотосодержащие и медные руды с помощью дорогостоящих флото-реагентов-вспенивателей Т-66, Т-80, Т-92 (производные 1,3-диоксана) и МИБК, а также фосфорорганические и сульфидрильные собиратели которые ввозятся из-за рубежа. Разработка импортзамещающих реагентов – вспенивателей, изучение их возможности использования в практике флотационного обогащения руд является актуальной задачей [8].

Экспериментальные исследования по созданию новых реагентов-вспенивателей проводились в ИОНХ РУз в лаборатории Химической технологии, переработка газа и ПАВ.

Объектами исследования являются растворы следующих ПАВ: СК-1 и СК-2, в различных сочетаниях и концентрациях, отходы газопере-рабатывающих и масложировых предприятий.

Для извлечения драгоценных и цветных металлов и облегчения буровых растворов синтезированы вспениватели СК-1 и СК-2. Основой вспенивателей являются отходы ШГХК низко молекулярного полиэтилена и аминоспирты (моно-, ди- и триэтаноламин). Флото-реагенты-вспениватели легко доступны и обладают положительными технологическими характеристиками [9].

Как известно, в процессе адсорбции на границе раздела фаз жидкость – воздух реагенты-вспениватели понижают поверхностное натяжение.

Межфазное натяжение измерялось при комнатной температуре при атмосферном давлении. Для этого образец реагента-вспенивателя набирали в шприц в устройстве. На несколько секунд шприц устанавливался в правильном положении относительно камеры. Из шприца выдавливали каплю раствора до момента отрыва от иглы. После этого камера фиксирует цифровое изображение [10]. Полученные результаты представлены в *табл. 1*

Чтобы обеспечить наименьшее проникновение раствора в породу, краевой угол смачивания не должен превышать 90°C. Поверхностное и пенообразующее свойства раствора при использовании 0,2% водного раствора реагента СК-1 эффективно понижается до $\sigma = 28,5$ мН/м и показывает устойчивую пенообразующую способ-

Физико-химические свойства ПАВ на границе раздела «раствор-воздух»

Таблица 1

№ п/п	Поверхностно-активные вещества и их концентрация в растворе (%)	Краевой угол смачивания θ , град	Поверхностное натяжение σ , мН/м	Объём капли, мкл	Площадь капли, мм ²	Длина капли, мм
1.	Сульфолон (0,2%)	119,2	27,25	3,57	11,02	0,755
2.	Сульфолон -К (0,2%)	121,2	29,92	3,90	11,70	0,753
3.	СК-1 (0,1%)	119,6	28,5	4,46	12,93	0,675
4.	СК-2 (0,2%)	119,7	30,05	3,67	11,30	0,702
5.	ОП-10 (0,2%)	118,9	30,69	4,07	12,13	0,628

Таблица 2

Параметры реагентов-вспенивателей

Номер раствора	Плотность пенообразующего раствора, кг/м ³	Плотность вспенивателя, кг/м ³	Коэффициент разрушения пены	Газосодержание	Устойчивость, с/см ³
1.	1007	298	0,82	0,70	4,36
2.	1005	218	0,85	0,78	5,00
3.	1012	250	0,83	0,75	5,72
4.	1013	283	0,84	0,72	9,28
5.	1004	266	0,87	0,74	21,34

ность $v=265$ мл. Поверхностное натяжение реагента СК-2 $\sigma=30,5$ мН/м; пенообразующая способность $v=260$ мл. Вспениватель Т-80 образует быстроразрушающую пену. При концентрации реагента СК 1000 мг/л по сравнению с Т-80 образуется примерно в 1,7 раз больше пены. В интервале рН от 8,0 до 10,0 изменение щелочности не влияет на пенообразующую способность реагента. Исследованные нами реагенты-вспениватели по форме капель отвечают этому требованию [11].

Исследованы технологические свойства реагентов - вспенивателей таких как кинетика разрушения, кратность, устойчивость и др. Исследовались смеси, в составе которых были следующие компоненты: растворы анионных ПАВ (СК-1, Сульфано-К), полимеры-структурообразователи (ПАА, КМК, регулятор вязкости).

В табл. 2 представлены показатели смесей, полученные после проведенных экспериментов.

Как видно из таблицы, представленные растворы обладают способностью повторного пенообразования. Также были проведены совместные научные исследования с АО Навоийским горно-металлургическим комбинатом по определению возможности применения аналогов вспенивателя СК-1, представленные институтом Академии наук общей неорганической химии в сравнении с реагентами используемыми на данный момент в АО «НГМК».

В ходе экспериментальных работ в результате применения синтезированных вспенивателей СК-1 и СК-2 были получены промышленный концентрат содержащих редких и драгоценных металлы:

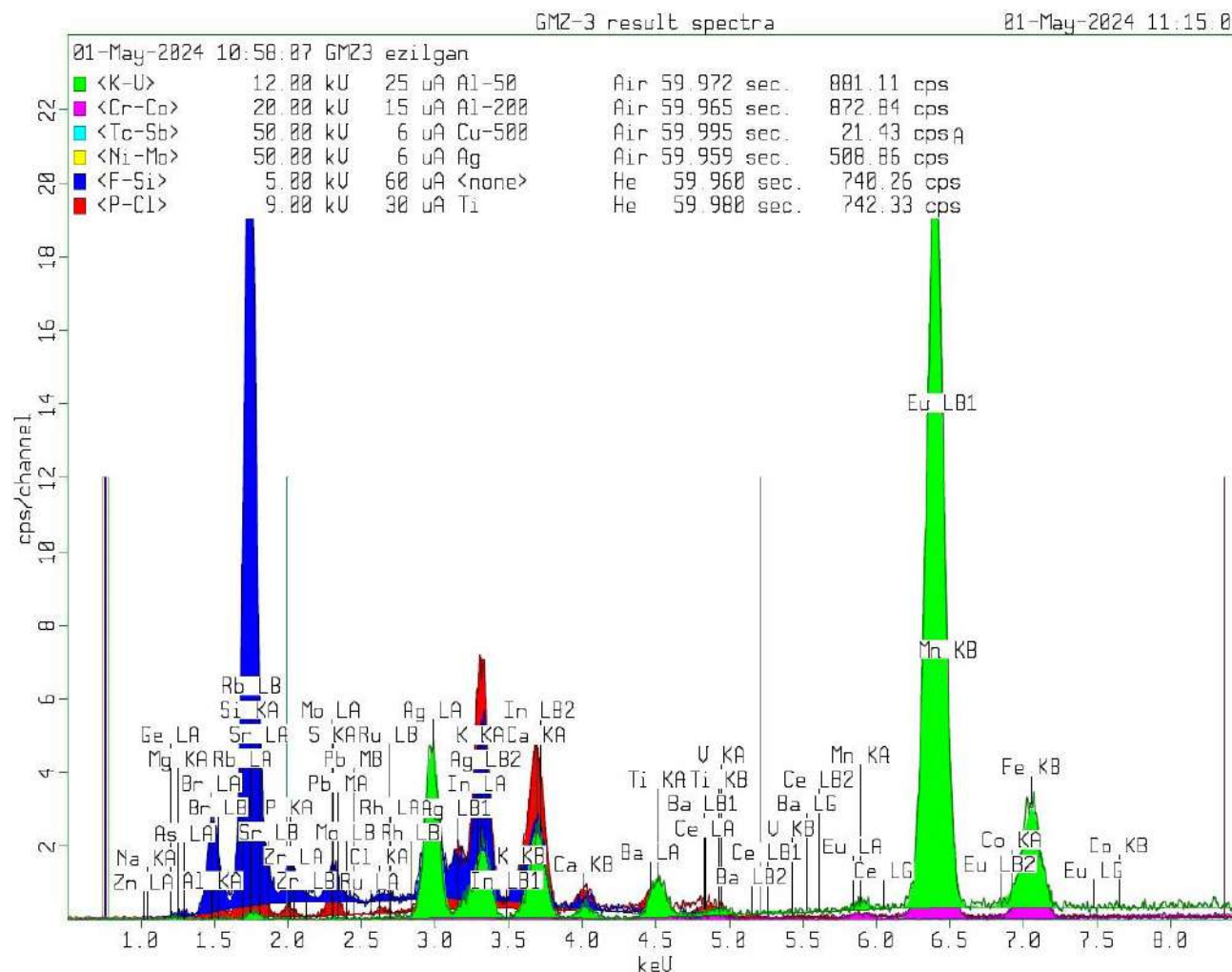


Рис. 1. Спектры результатов GMZ-3

Таблица 3

Элементный состав проб техногенного отхода при использовании реагентов СК-1 и СК-2 с ГМЗ-3

Элемент	Марка	Сигма масс., %
Fe	ГМЗ-3	14.3
Al		0.5
V		0.03
Ti		0.8
Sr		0.26

Таблица 4

Результаты опытов по флотации

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание			Извлечение, %		
		Au, г/т	Ss, %	Сорг., %	Au	Ss	Сорг.
СК-1» – 330, г/т							
Концентрат м/ц	5.30	16.50	20.60	3.3	42.87	60.16	28.19
Концентрат перерешетки	2.70	17.80	13.00	2.4	23.56	19.34	10.44
Хвост перерешетки	6.30	1.80	0.63	1.1	5.56	2.19	11.17
Итого концентрат основной	9.00	6.60	4.34	1.5	29.12	21.53	21.61
Концентрат контрольный	3.80	3.40	0.77	1.3	6.33	1.61	7.96
Объединённый концентрат	18.10	8.83	8.35	1.98	78.32	83.30	57.76
Хвосты	81.90	0.54	0.37	0.32	21.68	16.70	42.24
Руда	100.0	2.04	1.8	0.62	100.0	100.0	100.0

Fe – 14.3%; Al – 0.5%; V – 0.03%; Ti – 0.8%; Sr – 0.26%; Также повышается после флотации золотосодержащий концентрат 3,93% извлечение золота составляет 78,32% [12].

Опыты по флотационному обогащению были проведены на сульфидной пробе руды месторождения «Ауминзо-Амантайтау».

Результаты сравнительных опытов при замене Оксаль Т-92 (НГМК) на испытуемые аналоги вспенивателя, приведены в табл. 3 Опыты по флотации в открытом цикле, проводили в следующем реагентом режиме:

– измельчение – 55% класса -0,074 мм, Cq – 100 г/т Na₂CO₃ – 2500 г/т, И-20 – 60 г/т;

– м/ц флотация – 25 мин, Kst – 200 г/т, Аэр.-407 – 20 г/т, вспениватель – 100 г/т, доизмельчение – 80% класса -0,074 мм; сода – 1500 г/т, Cq – 80 г/т;

– основная флотация – 25 мин, CuSO₄-100 г/т, Kst-140 г/т, аэр.-407 – 20 г/т, вспениватель – 60 г/т,

– перерешетка – 3 мин;

– контрольная флотация – 25 мин, kst – 100 г/т, аэр.-407 – 10 г/т, вспениватель – 30 г/т.

Расход вспенивателя был увеличен в межцикловую флотацию до 200 г/т, в основную до 100 г/т. Общий расход вспенивателя составил 330 г/т, вместо 190 г/т в базовом опыте с Т-92.

Извлечение золота в концентрат флотации в базовом опыте № 1 с Оксаль Т-92 (НГМК) составило 74,39%, при выходе концентрата 10,81% качеством 14,38 г/т и содержании в хвостах флотации 0,60 г/т.

В опыте № 3 при замене Т-92 расход реагента аналога вспенивателя «СК-1» увеличили в м/ц операцию до 200 г/т, и в основную до 100 г/т. При таком общем расходе реагента 330 г/т извлечение золота в концентрат получили выше на 3,93% (78,32%), за счёт увеличения выхода концентрата до 18,1%. При этом качество флотоконцентрата, содержание которого составило 8,83 г/т золота и содержание в хвостах флотации 0,54 г/т.

При замене вспенивателя Оксаль Т-92 на аналог «СК-1» при увеличении расхода реагента с 190 г/т (базовый опыт) до 330 г/т, за счёт увеличения выхода концентрата извлечение золота в концентрат получили выше на 3,93% (78,32%).

По результатам экспериментальных работ по обогащению и извлечения металлов выявлено, реагенты-вспениватели СК-1 и СК-2 в процессе флотации руд повышают выход основного концентрата на 3-4 %, извлечение драгметаллов Au, Ag составляет 80-85%.

На основе проведённых экспериментальных работ, можно сделать следующие выводы: сырьё для получения реагентов-вспенивателей являются отходами производства и легко доступны, имеют положительные технологические характеристики.

При применении реагента-вспенивателя в АО «НГМК» выход концентрата повысился на 3-4%, извлечение драгоценных металлов (Au, Ag) составил 80-85%.

Вспениватели стабильны, они понижают поверхностное натяжение растворов и обладают способностью повторного пенообразования.

Библиографический список:

1. Рощин Г.С. Разработка технологии переработки низкокачественного угля с целью извлечения из него цветных металлов // Записки Горного института. 2007. – С. 144-146.
2. Ланге К. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. – Москва: Издательство «Профессия», 2016. – 240 с.
3. Деметьев В.Е., Войлошников Г.И. Основные направления научно-технического прогресса в золотодобывающей отрасли. Золотодобыча: Информ, 2008. 110. – С.3-5.
4. Скурский М.Д. Прогноз редкоземельно-красно-металлических-газоугольных месторождений Кузбасса. - Топливо-энергетический комплекс и ресурсы Кузбасса. 2004. 2 (15). – С. 24-30.
5. Середин В.В. Генетические типы благороднометалльной минерализации угленосных впадин. Материалы междунар. конф. – Биробиджан, 2005. – С. 181-185.



6. Гуро В.П., Юсупов Ф.М., Ибрагимова М.А., Рахматқариева, Ф.Г. Выбор оптимального связующего для грануляции молибденитового концентрата // Цветные металлы. № 2. – М.: Руда и металлы, 2016. – С. 68-73.

7. Юсупов С.К., Ёдгаров Н., Юсупов Ф.М., Омонов Х.О., Халилов С.У., Саидмуродов Р.А. Синтез новых газообразователей для извлечения благородных металлов из углей месторождений Ангрэн и Шаргун. *Harvard Educational and Scientific Review*. 0362-8027 30. Vol.2. Issue 3, pp. 30-35.

8. Кучаров Азизбек «Разработка технологии концентрирования бурого угля без использования воды и использование красных отходов в этом процессе в качестве сырья для получения цветного стекла в стекольной промышленности». - *E3S Web of Conferences*. Vol. 264. EDR Sciences, 2021. – 7 p.

9. Юсупов Ф.М., Ёдгаров Н., Омонов Х.А., Байматова Г.А. Металлоносность угольных бассейнов и месторождений Республики Узбекистан. - *Universum: химия и биология*. Выпуск: 12(102). Декабрь, 2022 Часть 3. – С. 22-27.

10. Sukhrob Yusupov, Farkhod Yusupov, Gulnoza Baimatova, Gulrukh Begzhanova, Normakhmat Yodgorov. Creation of effective foaming agents on the basis of di- and Triethanolamines (3-1(69)). *Processes of Petrochemistry and oil refining PPO*. Vol. 24. No. 4, 2023, pp. 697-705.

11. Юсупов Ф.М., Юсупов С.К., Ёдгаров Н., Байматова Г.А. Извлечение ценных металлов из бурых и каменных углей. Сборник материалов научно-практической онлайн-конференции молодых ученых Республиканского значения. – Ташкент, 2021. 20-21 декабря. – С. 350-351.

12. Yusupov Sukhrob, Farkhod Yusupov and etc. Extraction of metals with analyzed new reagents foaming agents SK-1, SK-2 from coals. *AEGIS-III-2023.Scopus IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences 1231 (2023) 012072 IOP Publishing*doi:10.1088/1755-1315/1231/1/012072. – 5 p.

НФ-1200

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



NMZ
Заводская именная марка

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

MIS TOSHQOLIDAGI FAYALITGA Na_2SO_4 TA'SIRI ORQALI QIMMATBAHO METALLARNI YUZAGA CHIQRARISH JARAYONINI TADQIQ QILISH



Tolibov B.I.,

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Innovatsion rivojlanish agentligi Tarmoq korxonalarida innovatsion ekotizimni rivojlantirish boshqarmasi bosh mutaxassisi, t.f.d., professor



Axmedov M.S.,

NDK va TU doktoranti



Yuldoshev S.M.,

NDK va TU assistenti

Ushbu tadqiqot mis toshqolidagi fayalit tarkibiga Na_2SO_4 ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan. Maqsad – qimmatbaho metallarni (Cu, Zn, Au, Ag) fayalit strukturasi ajratish va ularni samarali qayta tiklash texnologiyasini ishlab chiqishdir. Na_2SO_4 ning termik va kimyoviy ta'siri ostida fayalitning parchalanish mexanizmlari, shuningdek, qimmatbaho metallarni yuzaga chiqarish shartlari o'rganiladi. 120 daqiqa davomida 500°C haroratda, natriy sulfat miqdori 20% bo'lganda, fayalit tarkibi buzilib, temir oksidi va natriy silikatlariga parchalandi. Eksperiment natijalari, qimmatbaho metallarni qayta ishlash jarayonini optimallashtirish va sanoat miqyosida qo'llash imkoniyatlarini aniqlashga qaratilgan. Shu orqali atrof-muhitga zararli chiqindilarni kamaytirish va iqtisodiy samaradorlikka erishish mumkin bo'ladi.

Tayanch iboralar: Mis toshqoli, sulfat kislota, natriy sulfat, termik parchalanish, qayta ishlash, metall ajralishi, quyindi, kek, tanlab etish, fayalit.

Данное исследование посвящено изучению воздействия Na_2SO_4 на состав фаялита в медной руде. Цель состоит в том, чтобы отделить драгоценные металлы (Cu, Zn, Au, Ag) от структуры фаялита и разработать эффективную технологию их восстановления. Исследуются механизмы разложения фаялита под термическим и химическим воздействием Na_2SO_4 , а также условия извлечения драгоценных металлов. При температуре 500°C в течение 120 минут при содержании натриевого сульфата 20% состав фаялита нарушается, разлагаясь на оксид железа и натриевые силикатные соединения. Результаты экспериментов направлены на оптимизацию процесса извлечения драгоценных металлов и выявление возможностей для промышленного применения. Это может привести к снижению вредных отходов для окружающей среды и достижению экономической эффективности.

Опорные слова: медная руда, серная кислота, натриевый сульфат, термическое разложение, переработка, отделение металлов, горение, остатки, селективность, фаялит.

Fayalit (Fe_2SiO_4) mis toshqolining asosiy tarkibiy qismlaridan biri bo'lib, u qimmatbaho metallarni (Cu, Zn, Au, Ag) ajratish jarayonida muhim xom ashyo hisoblanadi. Ushbu metallar, industriyaga talab yuqori bo'lgani sababli, ularning samarali qayta ishlanishi iqtisodiy jihatdan ahamiyatli bo'ladi. Fayalitning strukturasi qimmatbaho metallar ko'p hollarda bog'lanib qoladi, bu esa ularni ajratishni murakkablashtiradi. Na_2SO_4 (natriy sulfat) ning fayalitga ta'siri o'rganilayotganda, uning kimyoviy va termik xususiyatlari muhim ahamiyatga ega. Natriy sulfatning parchalanishi jarayoni va harorat bilan bog'liq ta'siri, fayalitning tarkibiy qismlarini ajratishda samaradorligini oshirish uchun imkoniyatlar yaratadi. Tadqiqot davomida 500°C haroratda va natriy sulfat miqdori 20% bo'lgan sharoitlarda, fayalit tarkibi temir oksidi va natriy silikatlariga parchalanganligi aniqlangan. Ushbu tadqiqotda Na_2SO_4 ning fayalitni qayta ishlash jarayonidagi roli batafsil o'rganiladi va natijalari atrof-muhitga zararli chiqindilarni kamaytirish va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash maqsadida muhim ahamiyatga ega bo'ladi. Shuningdek, qimmatbaho metallarni qayta tiklash texnologiyasini optimallashtirish bo'yicha yangi yondashuvlar ishlab chiqiladi.

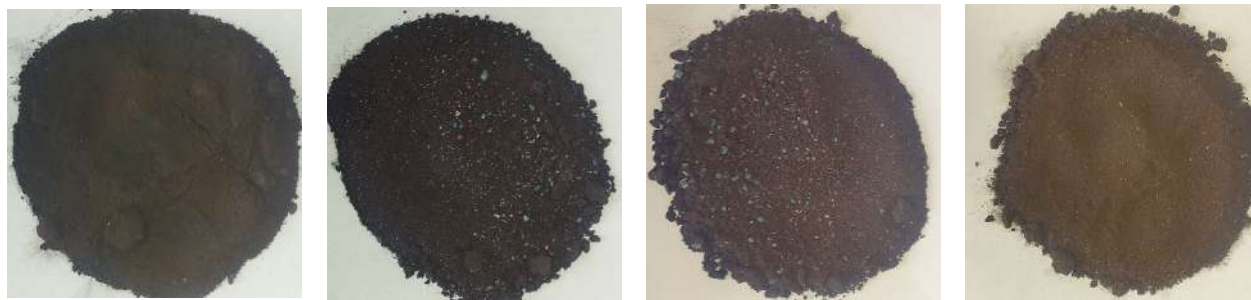
Mis shlaklari mis olish jarayonida hosil bo'ladigan qo'shimcha mahsulotlardir. Temir oksidi, kremniy oksidi, kalsiy oksidi va alyuminiy oksidiga boy bo'lgan mis shlaklari ko'pincha to'planadi yoki chiqindix-

onalarda ko'miladi. Bu shlaklar tarkibida qimmatbaho metallar, jumladan, mis ham mavjud bo'lib, ular metall holatda, sulfid yoki eritilgan oksidlangan shaklda bo'ladi. Bunday metall qiymatlarning yo'qolishi va ulkan miqdordagi tashlab yuborilgan shlaklarning utilitatsiya qilish muammolari ularni qayta ishlash zaruratini keltirib chiqardi. Bugungi kunda bu metallurgiya chiqindilari misning istiqbolli ikkilamchi manbasi sifatida qaralmoqda [1].

Fayalit past erish nuqtasida Na_2CO_3 bilan reaksiyaga kirishib, Na_2SiO_3 , Na_4SiO_4 va $\text{NaFeSi}_3\text{O}_6$ hosil qiladi, bu shlakning yopishqoqligini kamaytiradi.

Shlakning oqishi yengillashib, issiqlik ta'sirida osonroq ishlanaadi. Shlak yopishqoqligi kamayganda mis tarkibidagi minerallar yirik zarrachalar hosil qiladi. Kristallanish jarayoni yaxshilanadi va bu minerallar o'zaro aloqasi soddalashadi. Shlak yopishqoqligining pasayishi misni flotatsiya orqali ajratishni osonlashtiradi. Zarracha hajmi kattalashishi misni qayta tiklashni yaxshilaydi [2].

Tadqiqotchilar ushbu ishda [3] mis toshqollari tarkibidan mis va temirni pirometallurgiya va gidrometallurgiya usullari yordamida ajratib olish jarayonini amalga oshirdilar. Boyitish jarayoni sifatida magnit separatsiya usuli qo'llanildi, misni ajratib olishda esa 80 g/l konsentratsiyadagi sulfat kislotasi ishlatilgan.



Harorat 500°C, Na₂SO₄ miqdori 5%

Harorat 500°C, Na₂SO₄ miqdori 10%

Harorat 500°C, Na₂SO₄ miqdori 15%

Harorat 500°C, Na₂SO₄ miqdori 20%

1-rasm. Turli xil natriy sulfat miqdorida namunaniq o'zgarishi

Xingbang Wan va boshqalar mis toshqollarini sulfatlovchi kuydirish orqali toshqol tarkibidagi metallarni ajratib olishgan [4]. Toshqol tarkibidan qimmatbaho metallarni ajratib olishda sulfat kislotasidan foydalanish jarayonida eritma tarkibiga mis, rux va temir o'tkazilgan. Ushbu jarayonda filtrlash jarayoni muhim rol o'ynaydi, chunki u eritmada mavjud qattiq zarrachalarni ajratishga imkon beradi. Sulfat kislotasi, mis va rux oksidlarini eritib, metall sulfatlari hosil qiladi. Biroq, toshqoldagi qattiq moddalarning ko'pligi va eritma tarkibidagi nojo'ya moddalar filtrlash jarayonida murakkabliklar keltirib chiqarishi mumkin. Shuningdek, to'g'ri filtrlash uskunalari tanlash va jarayon sharoitlarini optimallashtirish zarur [5].

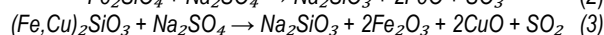
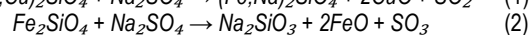
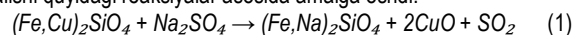
Yana bir tadqiqotda mis ishlab chiqarish shlaklarini granulyatsiyalash texnologiyalarining yangi yo'nalishlarini muhokama qiladi. Tadqiqotda shlaklarni qayta ishlash jarayonini takomillashtirish va ularning ekologik xavfsizligini oshirish maqsadida innovatsion yondashuvlar taqdim etilgan. Shlaklarni granulyatsiyalash jarayoni, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash va qimmatbaho metallarni ajratib olish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Shuningdek, maqolada mis ishlab chiqarish jarayonidagi chiqindilarni minimallashtirish va resurslardan samarali foydalanish bo'yicha takliflar keltirilgan. Yuqori sifatli granulyatsiyalash texnologiyalari ishlab chiqish orqali ishlab chiqarish jarayonida chiqindilarni kamaytirish va foydali materiallardan maksimal darajada foydalanish mumkinligi ta'kidlangan [6].

Mis eritish zavodidan chiqqan sanoat chiqindisi (tashlanma toshqol) tadqiqotga olindi. Ushbu toshqolni qayta ishlash maqsadida, birinchi navbatda, uni mexanik maydalash yordamida granulometrik tahlilga tayyorlash uchun zarur hajmga keltirildi ($\leq 0,074 \text{ mm}$). Tadqiqot bir necha bosqichda olib borildi, ulardan birinchisi toshqoldagi asosiy mineral - fayalit (Fe_2SiO_4) ni buzish va tarkibidagi foydali metallarni (masalan, mis va sink oksidlari) yuza qismini ochish jarayoni edi. Ushbu jarayonda natriy sulfatning (Na_2SO_4) optimal miqdorini aniqlash maqsad qilib olindi. Termodinamik hisob-kitoblardan va reaksiya kinetikasi asosida, fayalitni buzish uchun zarur bo'lgan Na_2SO_4 miqdori hisoblandi. Keyingi bosqichda esa, reaksiyaning samaradorligini oshirish uchun harorat va vaqt parametrlari optimallashtirildi.

Aniqlangan optimal sharoitlarda fayalitning parchalanishi va foydali komponentlarning ajralishi maksimal darajaga yetdi. Tadqiqot davomida mis toshqolidagi fayalitni qayta ishlash jarayonida turli parametrlarning ta'siri keng qamrovli eksperimentlar orqali chuqur o'rganildi. Harorat, natriy sulfatning massa ulushi va reaksiya vaqti jarayonning samaradorligiga qanday ta'sir qilishini aniqlash uchun sinovlar ketma-ketligi amalga oshirildi. Eksperimentlar 400°C, 450°C, 500°C, 550°C va 600°C harorat oralig'ida o'tkazildi. Har bir harorat uchun natriy sulfatning 5%, 10%, 15%, 20%, 25% va 30% miqdorlarida qo'llanildi. Shuningdek, vaqt omili ham sinovdan o'tkazildi, bunda reaksiya jarayonlari 90, 100, 110, 120 va 130 daqiqada davomida kuzatildi. Olingan ma'lumotlar asosida kinetik parametrlar, shuningdek, optimal reaksiya sharoitlari aniqlab berildi.

Tadqiqot davomida fayalitning parchalanishi va foydali komponentlarning ajralishi quyidagi reaksiyalar asosida amalga oshdi:

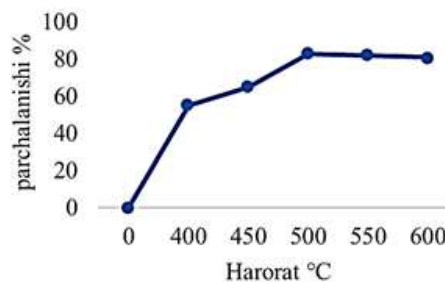


Ushbu reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan CuO va Fe₂O₃ oksidlarining ajralishi texnologik jarayonning asosiy mahsulotlarini tashkil etadi.

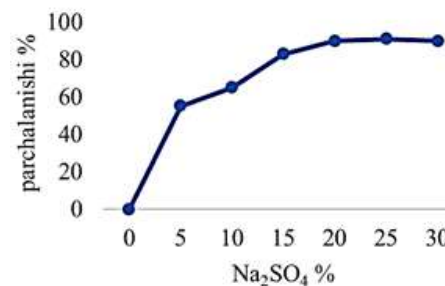
Natijalar shuni ko'rsatdiki, haroratning oshishi bilan fayalitning parchalanish samaradorligi sezilarli darajada yaxshilandi. Xususan, 500 °C da va natriy sulfat miqdori 20% bo'lgan sharoitlarda, fayalitning parchalanishi maksimal darajaga yetdi, bu jarayonda temir oksidi va natriy silikatlar muvaffaqiyatli hosil bo'ldi.

Ushbu sharoitlar qimmatbaho metallarni (Cu, Zn, Au, Ag) ajratish jarayonini eng samarali amalga oshirish imkoniyatini taqdim etdi. 400°C dan 450°C gacha haroratni oshirish jarayoni davomida parchalanish jarayoni sekinlashdi, bu esa asosan temir oksidi va silikatlarning hosil bo'lishi bilan bog'liq.

Biroq, natriy sulfat miqdorini 15% dan 20% gacha oshirish parchalanish samaradorligini yaxshilashga yordam berdi, bu jarayonning kimyoviy dinamikasini o'zgartirib, fayalitning tuzilishini yaxshilaydi.



1-rasm. Fe₂SiO₄ parchalanishiga haroratning ta'siri grafigi



2-rasm. Fe₂SiO₄ parchalanishiga Na₂SO₄ miqdori grafigi



550°C va 600°C da natriy sulfatning yuqori miqdori (25% va 30%) qo'shilganda, parchalanish jarayoni noqulay shartlarga olib keldi. Bunday sharoitlarda, nafaqat fayalitning parchalanishi, balki nojo'ya reaksiya jarayonlari ham ko'paydi.

Bu jarayonlar, natriy sulfatning o'zaro ta'sirini va uning parchalanish mexanizmlarini o'rganishni talab qiladi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari fayalitni qayta ishlash jarayonida harorat, natriy sulfat miqdori va vaqtning muhim rol o'ynashini ko'rsatadi.

Bu parametrlarning optimal kombinatsiyasi qimmatbaho metallarni ajratish jarayonini yanada samarali qilish imkoniyatini yaratadi. Olingan natijalar, keyingi tadqiqotlar va sanoat miqyosida qo'llanishi mumkin bo'lgan yangi yondashuvlar uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Natriy sulfat va fayalit o'rtasidagi sinergik ta'sir, shuningdek, atrof-muhitga zararli chiqindilarni kamaytirish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirishga yordam berishi mumkin.

Ushbu tadqiqotda mis toshqolidagi fayalit tarkibidagi qimmatbaho metallarni Na_2SO_4 ta'siri orqali ajratish jarayoni o'rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, 120 daqiqa davomida 500°C haroratda va natriy sulfat miqdori 20% bo'lganda, fayalit tarkibi muvaffaqiyatli parchalandi va natijada temir oksidi va natriy silikatlar hosil bo'ldi. Ushbu sharoitlar optimal parametrlar sifatida aniqlangan bo'lib, bu jarayon qimmatbaho metallarni (Cu, Zn, Au, Ag) ajratish samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Olingan natijalar, fayalitni qayta ishlash jarayonida Na_2SO_4 ning kimyoviy va termik ta'sirini yaxshi ko'rsatadi. Optimal sharoitlar aniqlanganidan so'ng, qimmatbaho metallarni qayta tiklash texnologiyasini yanada samarali bo'lishi kutilmoqda, bu esa sanoat ishlab chiqarishida va atrof-muhitni muhofaza qilishda muhim ahamiyatga ega bo'ladi. Tadqiqot, fayalitni qayta ishlashda natriy sulfatning ahamiyatini ko'rsatib, kelgusidagi tadqiqotlar uchun yangi imkoniyatlar ochadi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Tonmoy Kundu, Suchismita Senapati, Surya Kanta Das, Shivakumar I. Angadi, Swagat S. Rath. A comprehensive review on the recovery of copper values from copper slag. *Powder Technology Volume 426*, 1 August 2023, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118693>
2. Tolibov B.I., Axmedov M.S. and Yuldoshov S.M. Flotatsiya jarayoni yaxshilash uchun mis shlaklarining kristall holatini Na_2CO_3 bilan optimallashtirishni tadqiq qilish // *Journal of Advances in Engineering Technology*, no. 1, 2023, pp. 66-75. doi:10.24412/2181-1431-2023-1-66-75
3. I.B. Tolibov, M.S. Akhmedov, O.A. Azimov, and S.M. Yuldoshov. "Mis sanoati chiqindilar tarkibidan metallarni ajratib olishni tadqiq qilish" Sanoatda raqamli texnologiyalar // *Цифровые технологии в промышленности*. № 2, 2023, pp. 18-25. doi:10.5281/zenodo.10072368.
4. Xingbang Wan, Pekka Taskinen, Junjie Shi, Ari Jokilaakso. A potential industrial waste-waste co-treatment process of utilizing waste SO_2 gas and residue heat to recover Co, Ni, and Cu from copper smelting slag. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 414, 15 July 2021, 125541.
5. Research and Development of Technology for the Extraction Copper, Iron and Other Precious Metals from Copper Slag. (2022) *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, pp. 2498–2504. doi:10.47750/pnr.2022.13.S08.313.
6. Хасанов А.С., Толибов Б.И., Сирожов Т.Т., Ахмедов М.С. Новые направления по созданию технологии грануляции шлаков медного производства shape Mergeformat. *Евразийский Союз Ученых*, No. 2-4 (71), 2020, pp. 49-55.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЛОТАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ СУЛЬФИДНЫХ ЧАСТИЦ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ «КОКПАТАС» И «ДАУГЫЗТАУ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ФЛОТОМАШИН



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



Ермаков В.С.,
руководитель проектов компании ВСГ

Bugungi kunda tog'-kon sanoati va metallurgiyaning jadal rivojlanishi bilan murakkab tarkibli oltin sulfidli rudalarni flotatsiya qilish uchun mavjud an'anaviy uskunalar qimmatbaho tarkibiy komponentlarni qazib olishning to'liqligini va ularning kompleksligini ta'minlamaydi. Shu munosabat bilan, bugungi kunda murakkab tarkibli rudalarni flotatsiya qilishning muqobil usullariga katta e'tibor qaratilmoqda, xususan, dispers sulfid zarralarini flotatsiya qilish uchun pnevmatik flotomashinalardan foydalanish tendentsiyasi mavjud. Ushbu maqolada Jameson Cell L500 flotomashinasi misolida pnevmatik flotomashinalardan foydalangan holda "Kokpatas" va "Daugyztau" konlarining oltin saqlagan rudalarining dispers sulfid zarralarini flotatsiya qilish samaradorligini o'rganish haqida qisqacha ma'lumot berilgan.

Taynch iboralar: флотация, пневматические флотомашини, потери дисперсных сульфидных частиц, хвосты флотации, исследования, гранулометрический анализ.

На сегодняшний день с бурным развитием горной промышленности и металлургии имеющиеся традиционные оборудования по флотации золотосульфидных упорных руд не обеспечивают полноты извлечения ценных компонентов и их комплексности. В этой связи на сегодняшний день большое внимание уделяется альтернативным методам флотации упорных руд, в частности, наблюдается тенденция применения пневматических флотомашин для флотации дисперсных сульфидных частиц. В настоящей работе приведен краткий обзор исследования эффективности флотации дисперсных сульфидных частиц золотосодержащих руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» с применением пневматических флотомашин на примере флотомашини Jameson Cell L500.

Опорные слова: флотация, пневматические флотомашини, потери дисперсных сульфидных частиц, хвосты флотации, исследования, гранулометрический анализ.

Нам известно, что эффективность флотации зависит от гидрофобности или гидрофильности минералов ценных компонентов. Кроме того также известно, что флотация минералов с использованием механических флотомашин наиболее эффективна в диапазоне размеров частиц ценных компонентов 15-150 мкм [1, 2].

Причины низкой эффективности флотации дисперсных частиц зависят от крупности фракций частиц и в свою очередь требуют соответствующие условия при их флотационном обогащении [3, 4].

Низкая эффективность флотации крупных частиц особенно связана 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].

Однако также низкая эффективность флотации мелких частиц часто объясняется ограниченным столкновением частиц с пузырьками в результате того, что данные частицы следуют за потоками жидкости вокруг поднимающихся пузырьков [7-9].

Данная работа является попыткой авторов определить эффективность флотации дисперсных сульфидных частиц золотосодержащих руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» с применением более современных пневматических флотомашин на примере флотомашини Jameson Cell L500 вместо используемых в практике пневмомеханических.

Объект исследования.

В качестве объекта исследования были выбраны объединённые отвальные хвосты флотации (хвосты контрольной флотации) руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» Гидрометаллургического завода № 3 АО «НГМК».

Технологическая схема проведения исследования.

Исследования проводились на Гидрометаллургическом заводе № 3 АО «НГМК» в одну операцию основной флотации с использованием пневматической флотомашини Jameson Cell L500 в открытом цикле. Фотографии использованной флотомашини и полученного концентрата основной флотации с использованием пневматической флотомашини Jameson Cell L500 представлены на рис. 1 и 2, соответственно.



Рис. 1. Пневматическая флотомашинa Jameson Cell L500



Рис. 2. Концентрат основной флотации с использованием пневматической флотомашины Jameson Cell L500

Опробовались следующие продукты: питание, концентрат и хвосты пневматической флотомашины Jameson Cell L500. Подача питания пневматической флотомашины Jameson Cell L500 осуществлялась через перистальтический насос Bredel SPX50 и регулировалась ЧРП.

Подготовка проб для исследования.

Отбор необходимых проб был выполнен путём снятия пульпы непосредственно из производственного цикла. Всего было получено 18 проб. Все образцы пульпы были высушены в сушильных шкафах при температуре 80°C, подвергнуты истиранию и проанализированы в Центральной заводской лаборатории Гидрометаллургического завода № 3 АО «НГМК» в части химического состава пробирным методом согласно утвержденной методике и гранулометрического состава с использованием лазерного грануломера.

Специфика работы использованной пневматической флотомашины Jameson Cell L500.

Основное устройство и принцип работы пневматической флотомашины Jameson Cell L500 представлены на рис. 3.

Как показано на рис. 3, в процессе работы пневматической флотомашины Jameson Cell L500 выделяются три основные зоны:

1. азратор;
2. зона пульпы в баке;
3. зона пены в баке.

Азратор представляет собой аппарат, в котором происходит первичный контакт пузырьков с частицами. Пульпа перекачивается в азратор через сопло для пульпы, создавая струю под высоким давлением.

Струя жидкости «разрезает» и захватывает воздух, всасываемый естественным путём. Это является «сердцем» технологии пневматической флотомашины Jameson Cell L500, так как в данной работе очень большую роль играет размер частиц и развитая поверхность пузырьков.

Благодаря высокой скорости смешивания и большой межфазной поверхности происходит быстрый контакт и сбор пузырьков воздуха с частицами. Время нахождения материала в азраторе составляет от 10 до 30 сек.

Динамика работы азратора.

Азратор – это устройство, в котором происходит контакт, прилипание и сбор наибольшего количества пузырьков воздуха с частицами. Различные гидродинамические части, составляющие азратор пневматической флотомашины Jameson Cell L500, представленные на рис. 4, состоят из свободной струи, воронки захвата, падающей струи, зоны смешивания и зоны течения в трубе.

Свободная струя.

Жидкость питания доставляется в сопло под давлением, в результате чего при прохождении через диафрагму создаётся свободная струя жидкости. При прохождении свободной струи через область контакта с воздухом в азраторе струя слегка замедляется и захватывает небольшое количество воздуха.

Воронка захвата.

Свободная струя ударяет в смесь жидкости в азраторе, это давление направленного удара создаёт на поверхности жидкости углубление, которое и называется воронкой захвата. Благодаря желобчатой форме входа воронки воздух направляется в область, расположенную в основании падения свободной струи.

Свободная струя проходит через воронку захвата и захватывает этот слой воздуха. Воздух естественным образом всасывается в азратор, благодаря эффекту сдвига свободной струи и воронке захвата.

Падающая струя.

Когда струя входит в основную зону жидкости в азраторе, расположенную у основания воронки захвата, её называют падающей струей. Высокая скорость сдвига падающей струи приводит к разбиванию слоя завлеченного воздуха на множество очень мелких

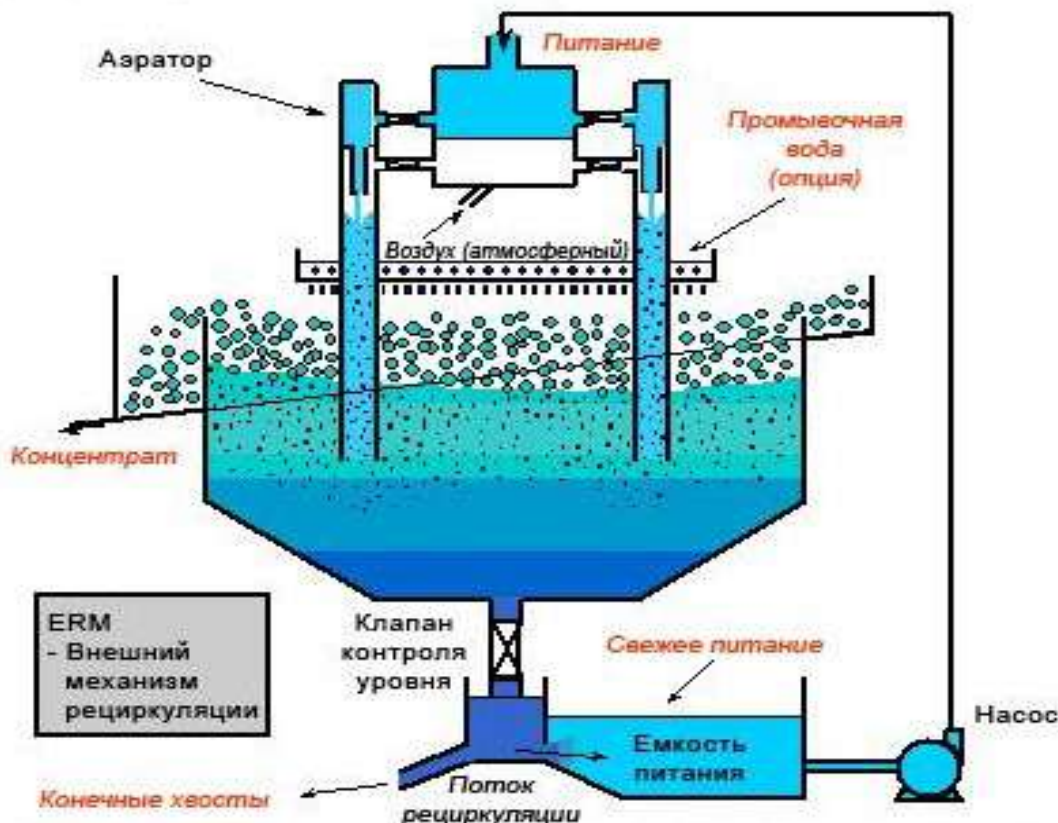


Рис. 3. Принцип работы пневматической флотомашины

пузырьков, обычно диаметром около 500 мкм, которые продвигаются дальше по аэратору.

Зона смешивания.

Падающая струя создаёт область интенсивного гашения энергии и вихревого движения, при котором инерция движения передается на окружающую жидкость и расширяется, для того чтобы занять поперечное сечение аэратора, создавая маленькие вихри аэрированной жидкости.

Область рассеивания струи называется зоной смешивания. В зоне смешивания происходит формирование и слипание пузырьков воздуха с частицами.

Зона течения в трубе.

Под зоной смешивания расположена зона равномерного многофазного течения. Из-за противодействия движения потока вниз способности пузырьков воздуха и частиц держаться на поверхности, пузырьки воздуха с частицами группируются и формируют движущийся и увеличивающийся слой пузырьков воздуха с частицами при очень большой площади поверхности этих пузырьков.

Зона пульпы в баке.

Зона пульпы в баке – это зона, в которой происходит вторичный контакт пузырьков воздуха и частиц, и пузырьки отделяются от пульпы. Смесь, насыщенная воздухом, выходит из аэратора и попадает в зону пульпы во флотационном баке.

Скорость движения смеси и высокая разница в плотности между этой смесью и оставшейся пульпой является основой модели циркуляции жидкости. Модель циркуляции поддерживает частицы во взвешенном состоянии без необходимости механического перемешивания. Время пребывания материала в зоне пульпы варьируется от двух до пяти минут



Рис. 3. Принцип работы пневматической флотомашины

Таблица 1

Результаты пробирного и гранулометрического анализа проб питания и концентрата пневматической флотомашины Jameson Cell L500

Номер теста	Наименование продукта	Наименование показателя	Единица измерения	Класс +0,16 мм	Класс -0,16 +0,071 мм	Класс -0,071 +0,040 мм	Класс -0,040 +0,026 мм	Класс -0,026 мм	Извлечение, %
1	Питание	выход	%	8,6	29,3	14,9	2,9	44,3	8,6
		содержание Au	%	10,4	29,1	11,5	2,9	46,1	
	Концентрат	выход	%	23,2	23,0	14,7	8,6	30,5	
		содержание Au	%	19,0	27,2	14,1	9,5	30,1	
2	Питание	выход	%	9,7	23,8	14,1	1,4	50,9	55,9
		содержание Au	%	11,5	34,0	10,4	1,4	42,8	
	Концентрат	выход	%	1,9	8,7	8,2	2,0	79,2	
		содержание Au	%	7,6	30,7	16,4	3,1	42,2	
3	Питание	выход	%	7,0	21,5	11,0	1,6	58,9	22,9
		содержание Au	%	9,6	12,8	7,6	1,8	68,2	
	Концентрат	выход	%	4,2	30,8	13,7	2,6	48,6	
		содержание Au	%	4,1	24,4	10,9	2,0	58,7	
4	Питание	выход	%	6,4	34,8	13,6	1,2	44,0	23,2
		содержание Au	%	7,3	28,9	18,3	2,8	42,7	
	Концентрат	выход	%	5,7	20,7	14,8	6,6	52,2	
		содержание Au	%	27,5	16,2	9,9	4,6	41,9	
5	Питание	выход	%	2,9	29,3	17,5	7,4	42,9	9,1
		содержание Au	%	2,6	25,8	17,0	7,7	46,9	
	Концентрат	выход	%	6,9	3,3	4,1	1,5	84,3	
		содержание Au	%	31,9	14,0	5,1	1,2	47,7	
6	Питание	выход	%	8,5	28,3	9,9	1,8	51,4	40,2
		содержание Au	%	8,7	14,8	5,3	0,8	70,4	
	Концентрат	Выход	%	5,6	11,0	4,9	7,0	71,5	
		содержание Au	%	4,8	12,3	6,3	5,3	71,3	
Среднее по 6 тестам	Питание	Выход	%	7,2	27,8	13,5	2,7	48,7	26,7
		содержание Au	%	8,3	24,2	11,7	2,9	52,9	
	Концентрат	выход	%	7,9	16,2	10,1	4,7	61,1	
		содержание Au	%	15,8	20,8	10,4	4,3	48,6	

Зона пены в баке.

Зона пены в баке – это зона, в которой нагруженный материал удаляется из пены через сливной порог и/или при помощи промывки пены. Камера устроена таким образом, чтобы обеспечить эффективную зону устойчивой пены, с которой можно производить различные манипуляции. Время пребывания материала в зоне пены варьируется от 4-х секунд до одной минуты.

Обсуждение результатов. В результате анализа полученных проб (табл. 1) можно отметить, что свыше половины, а именно 52,9% всего золота, содержащегося в объединённых отвальных хвостах (хвостах контрольной флотации) руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» содержится в классе -0,026 мм.

Объяснением этому являются результаты комплексного сравнительного анализа концентратов и хвостов флотации руд «Кокпатас» и «Даугызтау» с использованием электронного микроскопа, а именно: дисперсные сульфидные частицы в количестве примерно 57% теряются хвостами и большинство этих частиц не флотируются на установленных на Гидрометаллургическом заводе № 3 АО «НГМК» пневмомеханических флотомашин [10].

Также согласно результатам анализа полученных проб (табл. 1) можно отметить, что почти половина, а именно 48,6% всего золота, извлеченного во флотоконцентрат основной флотации пневматической флотомашины Jameson Cell L500, содержится в классе -0,026 мм, что доказывает высокую эффективность пневматических флотомашин при флотации дисперсных сульфидных частиц золотосодержащих руд.

Заключение. Использование пневматических флотомашин по сравнению с пневмомеханическими является перспективным при флотации дисперсных сульфидных частиц золотосодержащих руд.

В данном обзоре проанализирована проблематика низкой эффективности флотации дисперсных частиц, представлен принцип работы пневматических флотомашин на примере флотомашин Jameson Cell L500, а также представлены результаты исследования эффективности флотации дисперсных сульфидных частиц золотосодержащих руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» с применением пневматических флотомашин на примере флотомашин Jameson Cell L500.

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. – Volume 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.
10. Санакулов К., Хамидов Х.И., Ашууров О.Т., Фузайлов О.У. Исследование распределения дисперсных сульфидных частиц при флотации золото-содержащих руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» // *Горный вестник Узбекистана*. – № 3 (94). – Навои, 2023. – С. 52-61.

«GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA», 2024, № 4 (99), pp. 117-121

STUDY OF THE FLOTATION EFFICIENCY OF DISPERSED SULFIDE PARTICLES IN GOLD-BEARING ORES FROM THE "KOKPATAS" AND "DAUGIZTAU" DEPOSITS USING PNEUMATIC FLOTATION MACHINES

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

²Ermakov V.S., Project Manager at BCG.

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

²BCG company.

With the rapid development of the mining and metallurgical industries, existing traditional flotation equipment for gold-bearing refractory sulfide ores does not ensure the complete extraction of valuable components and their complexity. In this regard, significant attention is currently being paid to alternative flotation methods for refractory ores, particularly the trend of using pneumatic flotation machines for the flotation of dispersed sulfide particles. This paper presents a brief overview of the study on the efficiency of flotation of dispersed sulfide particles from gold-containing ores of the "Kokpatas" and "Daugiztau" deposits using pneumatic flotation machines, specifically the Jameson Cell L500 flotation machine.

Key words: flotation, pneumatic flotation machines, losses of dispersed sulfide particles, flotation tails, research, particle size analysis.

Bibliographic list:

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*. – Volume 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.
10. Sanakulov K., Khamidov K.I., Ashurov O.T., Fuzailov O.U. Study of the Distribution of Dispersed Sulfide Particles in the Flotation of Gold-Bearing Ores from the "Kokpatas" and "Daugiztau" Deposits // *Gorniy vestnik Uzbekistana*, 2023. No. 3 (94), pp. 52-61.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ



Исраилов М.Э.,
начальник
Управления транспорта
АО «НГМК»



Юсупов У.Б.
доцент кафедры «Инжиниринг
транспортных средств», ТГТРУ,
DSc.



Равшанбеков Ж.А.,
ассистент кафедры
«Инжиниринг транспортных
средств», ТГТРУ

Karyerlarning texnologik yo'llari bo'ylama qiyaligi turlicha bo'lgan uchastkalardan tashkil topgan. Bu karyer samosvallarini ekspluatatsiya qilishda, ularning old va orqa o'qlariga tushadigan yuklamaning doimiy o'zgarib turishiga olib keladi. Natijada, shinaga tushadigan yuklamaning me'yordan oshib ketishi hisobiga, ularni muddatidan oldin ishdan chiqishi kuzatiladi.

Maqolada, BelAZ-7555B va Komatsu HD 465-7R samosvallarining og'irlik markazining balandligi eksperiment usulda aniqlangan va ishlab chiqilgan imitasion model natijalari bilan taqqoslab, modelning aniqligi baholangan. Samosvallar og'irlik markazining balandligi va yo'lining bo'ylama qiyaligi hisobiga yuklamaning o'qlarga qayta taqsimlanishi Matlab Simulink dasturida yaratilgan model yordamida topilgan.

Tayanch iboralar: katta o'lchamli shinalar, og'ir yuk ko'taruvchi kon-samosvallari, shinalar resursi, yo'lining bo'ylama qiyaligi, ekspluatatsiya sharoiti, texnologik yo'llar.

Технологические пути карьеров состоят из участков с разными продольными уклонами. Это приводит к постоянному изменению нагрузки на их переднюю и заднюю ось в процессе эксплуатации карьерных самосвалов. В результате из-за нагрузки на шины, превышающей норму, наблюдается их преждевременный выход из строя.

В статье экспериментально определена высота центра тяжести самосвалов БелАЗ-7555B и Komatsu HD 465-7R и сопоставлена с результатами разработанной имитационной модели, оценена точность модели. Перераспределение нагрузки на оси за счет высоты центра тяжести грузовых автомобилей и продольного уклона дороги было найдено с помощью модели, созданной в программе Matlab Simulink.

Опорные слова: крупногабаритные шины, большегрузные карьерные автосамосвалы, ресурс шин, продольный уклон дороги, условия эксплуатации, технологическая дорога.

Основными причинами отказов крупногабаритных шин карьерных самосвалов при их эксплуатации являются следующие: усталостные и тепловые разрушения (отслоение протектора, расслоение корда), естественный износ протектора, механические повреждения (проколы, порезы, сколы грунтозацепов) и производственные дефекты [1, 5, 6, 9].

Эффективное использование материальных ресурсов, снижение транспортных расходов, а также выбор карьерных самосвалов

и шин, адаптированных к конкретным условиям эксплуатации, всегда являлись актуальной задачей. В связи с этим в сфере автомобильного транспорта очень важно определять и контролировать расход топлива и ресурс шин [2, 4, 7, 8].

В работе [3] предлагается метод измерения координат центра тяжести автомобиля, начиненного электронными средствами, требующий меньших затрат различных ресурсов. Величины AD и AE находятся через реакции опор по формулам:

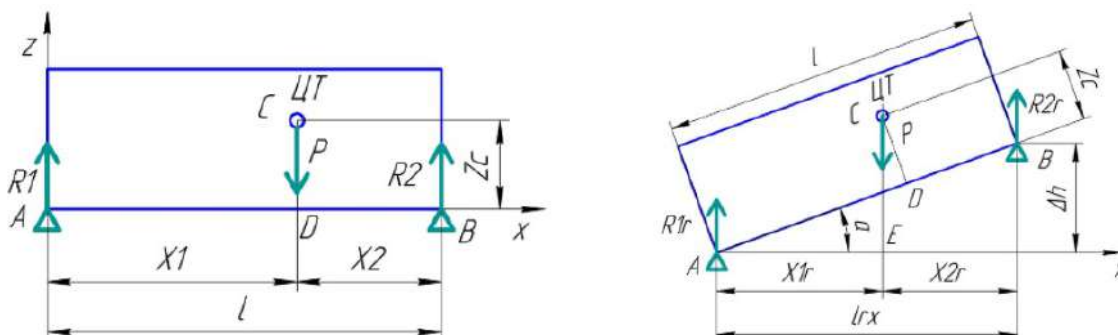


Рис. 1. Горизонтальное и наклонное расположение аналога транспортного средства

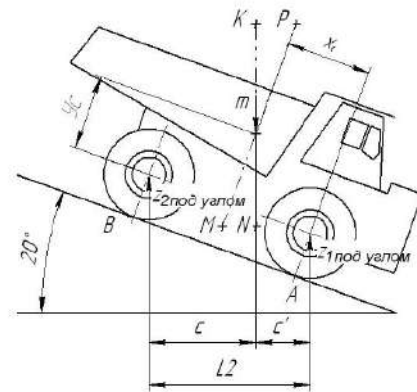
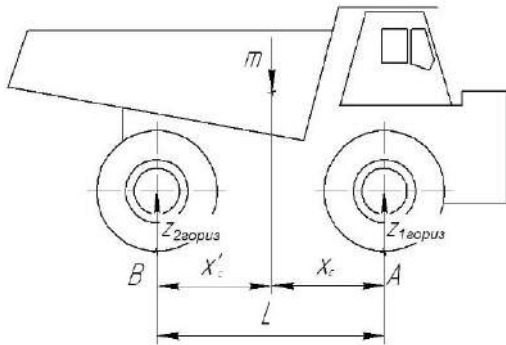


Рис. 2. Определение горизонтальной координаты x_c (а) и вертикальной координаты y_c (б)



Рис. 3. Процессы измерения веса карьерных самосвалов

$$AD = X_1 = \frac{R_2 \cdot l}{P}, \quad (1)$$

$$AE = X_{1r} = \frac{R_{2r} \cdot l \cdot \cos \alpha}{P}, \quad (2)$$

где: X_1 – координата центра тяжести по оси x относительно опоры A при горизонтальном объекте;

X_{1r} – координата центра тяжести по оси x относительно опоры A при наклонном объекте;

l – расстояние между опорами A и B по оси x при горизонтальном объекте;

α – угол наклона объекта.

Объекты, показанные на рис. 1, повернуты относительно друг друга на угол α . В аналитической геометрии [5] известно выражение для преобразования координат при повороте координатной системы на угол α .

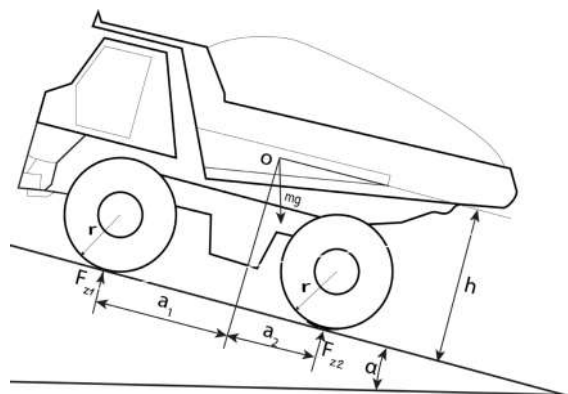


Рис. 4. Общая схема карьерных самосвалов

$$AE = AD \cdot \cos\alpha - CD \cdot \sin\alpha, \quad (3)$$

из которого получается:

$$CD = \frac{AD \cdot \cos\alpha - AE}{\sin\alpha} \quad (4)$$

Подставив (1) и (2) в (4) получим:

$$CD = Z_c = \frac{R_2 \cdot l \cdot \cos\alpha - R_1 \cdot l \cdot \cos\alpha}{P \cdot \sin\alpha} = (R_2 - R_1) \cdot \frac{l}{P} \cdot \operatorname{ctg}\alpha \quad (5)$$

Учитывая (1) и (2) можно записать, что:

$$R_2 - R_1 = R_{1r} - R_{1l} \quad (6)$$

Подставив (6) в (5) получим, вертикальная координата центра тяжести, выраженная через высоту концевой меры, находится по формуле:

$$Z_c = (R_{1r} - R_{1l}) \cdot \left(\frac{l}{P}\right) \cdot \operatorname{ctg}\alpha = (R_{1r} - R_{1l}) \cdot \left(\frac{l}{P}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{l}{\Delta h}\right)^2 - 1} \quad (7)$$

Данный метод измерения координат центра тяжести передвижных транспортных средств отличается от стандартного метода меньшими затратами ресурсов (время, деньги и пр.) и рекомендует-

ся к использованию. В работе [4] центр тяжести определяют методом, основанным на подъеме автосамосвала и определении опорных реакций. Данный метод включает измерение опорных реакций автосамосвала, сначала – на горизонтальной поверхности, затем – при наклоне в продольном направлении. В каждом случае определяют расчетное горизонтальное расстояние центра масс от точки контакта с опорной поверхностью; вертикальные линии проецируют на пол. После этого переносят измеренные значения на схематический масштабируемый рисунок автосамосвала, где пересечением вертикалей образуется треугольник. По точному положению этого треугольника принимают точку пересечения медиан.

Центр тяжести определяют по методике измерений реакции опор при установке автосамосвала в следующие положения: горизонтальное; наклонное при поднятой передней (моторной) части; наклонное при поднятой кормовой (задней) части.

Площадка, на которой выполняются измерения, должна иметь твердую горизонтальную основу. Определение горизонтальной продольной x_c и вертикальной координаты y_c изображено на соответствующих графиках (рис. 2).

Определяют значение нагрузки $Z_{1гор}$, $Z_{2гор}$ по зависимости изменения высоты профиля шины и высоты цилиндра подвески от нагрузки. Для пустого автосамосвала определение нагрузок может выполняться по известному значению распределения нагрузки по осям автосамосвала (данное значение указано в технической документации конкретной модели) по формуле:

$$Z_{1,2гор} = m \cdot n_{1,2}(\text{без гр.; гр.}), \text{ КГ} \quad (8)$$

где $n_{1,2}(\text{без гр.; гр.})$ – процентное распределение нагрузки, соответственно, для передней и задней оси без груза и с грузом.

Значение x_c определяют по формуле

$$X_{c(\text{без гр., гр.})} = \frac{L \cdot Z_{1гор}}{m}, \text{ мм, или}$$

$$X_{c(\text{без гр., гр.})} = L - L \cdot n_2, \text{ мм} \quad (9)$$

Рассмотрим определение вертикальной координаты y_c (рис. 2, б). Автосамосвал поднимают за один край на угол $15-20^\circ$ со стороны самосвального кузова. Определение нагрузки горизонтальным

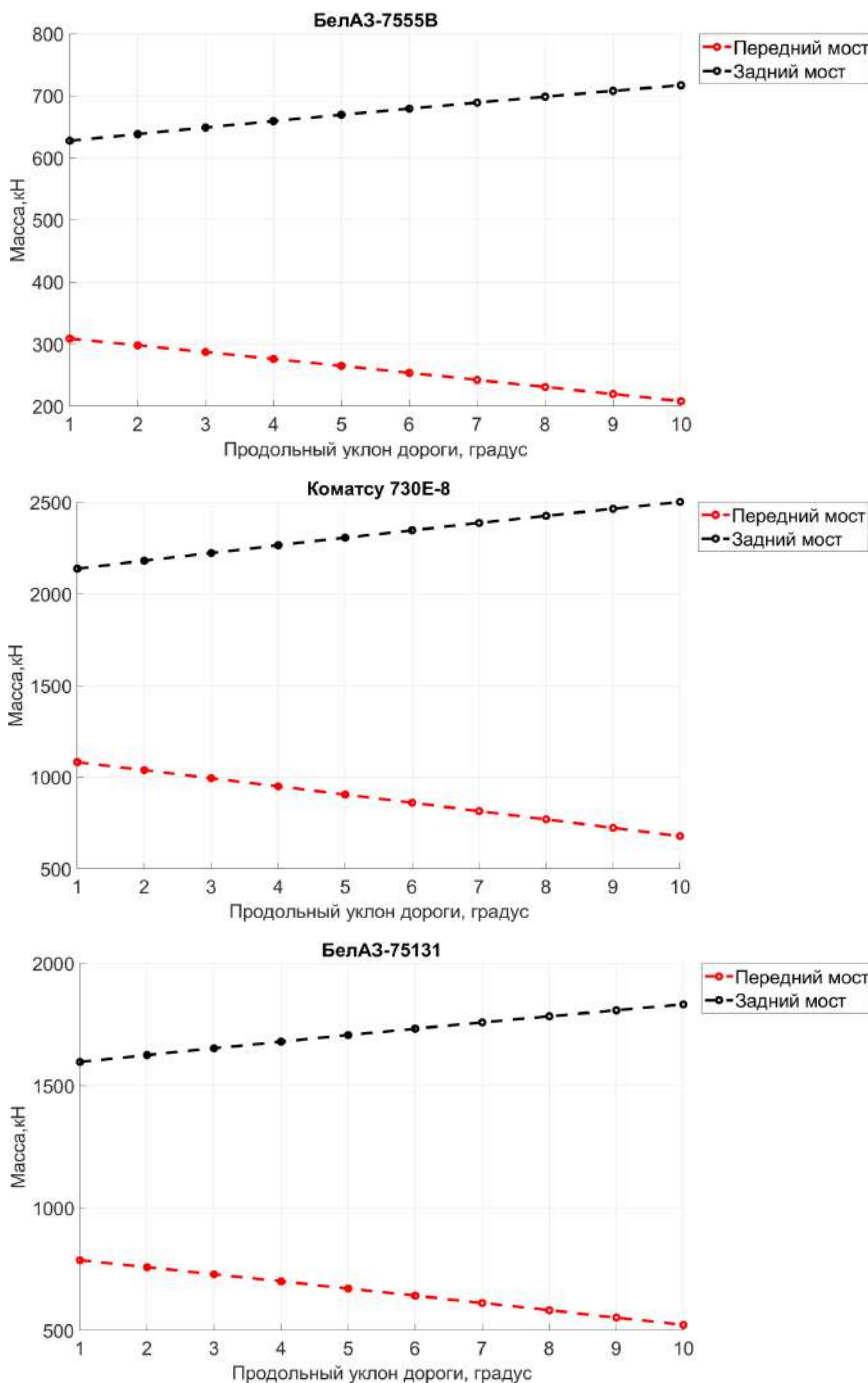


Рис. 5. Изменяется нагрузки на оси самосвала в зависимости от продольного уклона дороги: а – БелАЗ-7555В; б – БелАЗ-75131; с – Коматсу-730Е. Графики были получены с помощью программы Matlab



положение a и b под углом z выполняется аналогично (8). Расстояние L_2 определяют от места контакта колеса с опорной поверхностью к линии центра оси заднего колеса.

Расстояние s определяют от центра тяжести автосамосвала к линии центра оси колеса для автосамосвала с грузом и без груза по формуле:

$$C_{\text{безгр; гр}} = \frac{L_2 \cdot Z_{1\text{под углом}}}{m}, \text{ мм} \quad (10)$$

$$C_{\text{безгр; гр}}^I = \frac{L_2 \cdot Z_{2\text{под углом}}}{m}, \text{ мм} \quad (11)$$

По пересечении двух линий (линии MP , определяющей координату x_c , и линии KN , параллельной линии оси подвеса на расстоянии S от нее) определяют координату y_c .

Координату y_c определяют в точке пересечения линии параллельно линии оси подвеса на расстоянии s от нее и перпендикуляра, проведенного на расстоянии x_c к линии, параллельной координате x_c и проходящей через крайние точки базы автосамосвала. Полученные значения координаты y_c опосредствуют для автосамосвала без груза и с грузом по формуле

$$\overline{y_c} = \frac{y_{c(\text{безгр, гр})} + y_{c(\text{безгр, гр})}^I}{2}, \text{ мм.} \quad (12)$$

По результатам исследования установлено, что для самосвала БелАЗ-7555В центр масс находится от передней оси на уровне 1960 и 2680 мм, а по высоте – 1322 и 1615 мм – соответственно, без груза и с грузом.

Анализ обзорной литературы показывает, что невозможно найти высоту центра тяжести до тех пор, пока самосвалы не поднимут переднюю или заднюю ось и не измерят падающую нагрузку.

Эксперимент. Проведены эксперименты по определению высоты центра тяжести на самосвалах БелАЗ-7555В (гар. № 610) и

Komatsu-HD465 (гар. № 685 и № 693) грузоподъемностью 55 т в карьере Ауминзо-Амантай, принадлежащий Навоийскому горно-металлургическому комбинату (рис. 3). Поскольку грузоподъемность весов была до 120 т, эксперименты проводились только на карьерных самосвалах грузоподъемностью 55 т. Результаты эксперимента рассчитывались по формуле (7).

По результатам проведенных экспериментов высоты центров тяжести карьерных самосвалов:

– для БелАЗ-7555В (гар. № 610):

$$h_{\text{Бел10}} = 2,65 \text{ м,}$$

– для самосвалов Komatsu-HD465 (гар. № 685 и № 693) соответственно:

$$h_{\text{К685}} = 2,46 \text{ м и } h_{\text{К693}} = 2,44 \text{ м.}$$

$$h_{\text{К685}} = 2,46 \text{ м и } h_{\text{К693}} = 2,44 \text{ м.}$$

Методика. Модели самосвалов создавались в программе Solidworks, высота центра тяжести определялась с учетом их полной массы. По нему определено, что центр тяжести самосвала БелАЗ-7555В находится над поверхностью основания $h_{\text{Бел7555}} = 2,62 \text{ м}$, а у Komatsu-HD465 $h_{\text{Ком465}} = 2,42 \text{ м}$.

Степень согласия результатов эксперимента, проведенного на карьере Амантай, с результатами модели, созданной в программе Solidworks, составила примерно 97%. Итак, можно сделать вывод, что модель работает корректно.

С помощью созданной модели были определены высоты центра тяжести карьерных самосвалов БелАЗ-75131, Комацу-730Э, которые составили $h=3,45 \text{ м}$ и $h=4,52 \text{ м}$ соответственно (рис. 4).

По результатам исследований, полученным на основе разработанной модели, изменение продольного уклона технологических дорог приводит к перераспределению нагрузки на оси самосвала.

В результате нагрузка на шины превышает норму. В программе Matlab определялась нагрузка на шины, соответствующая каждой степени продольного уклона дороги.

Библиографический список:

1. *Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: Монография / Абдирахмонов Ж.А. и др. – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2023. – 545 с.*
2. Юсупов У.Б. *Методологии прогнозирования ресурса шин автотранспорта в карьерных условиях: Дис... докт. техн.наук. – Ташкент, 2024. – 162 с.*
3. Долгов Г.Ф. *Измерение центра тяжести передвижных электронных средств. Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ'19. – С. 218-220.*
4. Почужевский О.Д., Веснин А.В., Кристопчук М.Э., Почужевская Ю.Л. *Метод определения центра масс большегрузных карьерных автосамосвалов на пневмоколесном ходу. Материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. – Гомель, 22-23 ноября, 2018 г. – С. 318-320.*
5. Гуревич В.Б., Минорский В.П. *Учебник аналитической геометрии для вузов. – М.: Гос. издательство физико-математической литературы, 1958. – 164 с.*
6. Горюнов С.В. *Разработка методики прогнозирования долговечности крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов: Дис. ... канд. техн. Наук. – М.: Кемерово, 2021. – 124 с.*
7. Кулешов А.А., Зырянов И.В., Пацанский С.Ф. *Управление ресурсом карьерных автосамосвалов // Горный журнал. – Москва: Руда и металлы, 2003. – № 1. – С. 52-56.*
8. Manas D., Stanek M., Manas M., Drga T. *Tire wear measurements, in ICPM 2007. International Congress on Precision Machining, 25–28 Sept 2007, Sandomierz–Kielce. Vol. II. 2007, pp. 153-156.*
9. Топалиди В.А., Юсупов У.Б., Исраилов М.Э. *Определение фактического показателя ТКВЧ крупногабаритных шин в карьерных условиях // Автомобильная промышленность. – Россия – Москва, 2024. № 8. – С. 12-15.*

AZNEK FOSFORITLARINI KIMYOVIY, GRANULOMETRIK VA MINERALOGIK TAHLILINI O'RGANISH



Kudiyarova A.A.,
Qoraqalpoq davlat universiteti
«Kimyoviy texnologiya» kafedrası
tayanch doktoranti



Nurmurodov T.I.,
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti Ilmiy ishlar va innovatsiyalar
bo'yicha prorektor, t.f.d., prof.



Xurramov N.I.,
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti Kimyoviy texnologiya kafedrası
dotsenti, PhD

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

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

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

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

Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi uchun fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishda asosiy xomashyo bo'lgan fosforit rudalarining dastlabki granulometrik tarkibi o'rganilgan. Bunda Markaziy Qizilqumda joylashgan Aznek koni fosforitlari tadqiqot obyekti sifatida olingan. Aznek konidan olingan fosforit namunalari maxsus o'lchamli laboratoriya elaklaridan o'tkazilgan hamda barcha fraksiyalar alohida ajratib olingan. Laboratoriya sharoitida an'anaviy fosfatlarni aniqlash va titrimetrik usulda P_2O_5 va CaO miqdorlari aniqlangan. Eng maqbul bo'lgan 0,5 mm dan kichik o'lchamdagi fosforit namunalari tanlab olingan. Fosforit xomashyosiga kislotali ishlav berish uchun ruda namunasining element tarkibi va mineralogik tarkibi aniqlangan.

Maqola yakunida qishloq xo'jaligi barqarorligini oshirish va resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish imkonini beradigan yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va tadqiqotlarni davom ettirishda Aznek koni fosforitlarini ishlatsa maqsadga muvofiqligi ta'kidlanadi.

Kalit so'zlar: Fosforli o'g'itlar, Aznek fosforiti, fosfat kislotasi, mineralogiya, qishloq xo'jaligi.

В данной статье исследуется исходный гранулометрический состав фосфоритных руд, являющихся основным сырьем при производстве фосфорных удобрений для сельского хозяйства. При этом в качестве объекта исследования были взяты фосфориты месторождения Азнек, расположенного в Центральном Кызылкуме. Образцы фосфоритов с месторождения азнек были просеяны через лабораторные сита специальных размеров, и все фракции были выделены отдельно. В лабораторных условиях определяют обычные фосфаты и титриметрически определяют уровни P_2O_5 и CaO .

Были отобраны наиболее оптимальные образцы фосфоритов размером менее 0,5 мм. Для кислотной обработки фосфоритного сырья определяют элементный состав и минералогический состав пробы руды.

В заключении статьи подчеркивается целесообразность использования фосфоритов месторождения Азнек при разработке и продолжении исследований новых технологий, позволяющих повысить устойчивость сельского хозяйства и эффективность использования ресурсов.

Ключевые слова: фосфорные удобрения, фосфориты месторождения Азнек, фосфорная кислота, минералогия, сельское хозяйство.

Fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish murakkab jarayon bo'lib, kimyoviy, mineralogik va agronomik jihatlarni chuqur tushunishga asoslangan. Fosfor o'simliklarning o'sishini ta'minlashda asosiy rol o'ynaydi va uning birikmalari qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan aksariyat o'g'itlarning muhim tarkibiy qismidir. Fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishning nazariy asoslari va ularning amaliy ahamiyatini ko'rib chiqamiz. Fosfor turli shakllarda mavjud bo'lib, ular orasida fosfatlar va fosfat kislotasi (H_3PO_4) ga alohida e'tibor berish kerak. Ushbu birikmalar nafaqat o'simliklarning o'sishiga yordam beradi, balki o'g'itlar ishlab chiqarishda asosiy ingrediyent hisoblanadi. Fosforli birikmalarining kislotasi-asos xossalari o'simliklar uchun ozuqa moddalarining mavjudligiga bevosita ta'sir qiladi. Ushbu kimyoviy xususiyatlarni tushunish o'simliklarning fosforini o'zlashtirish jarayonini optimallashtirishga imkon beradi, bu esa o'z navbatida hosildorlikni oshirishga yordam beradi [1].



Dastlabi ruda namunasini turli fraksiyalarga jaratish orqali granulometrik tahlili

№	Elak o'lchami, mm	Fosforit miqdori, g	Fosforit miqdori, %	Analizga olingan fosforit miqdori, g	Fosforit tarkibidagi P ₂ O ₅ miqdori, %	Fosforit tarkibidagi CaO miqdori, %
1.	0,5 >	322,72	32,304	2,002	26,2	44,96
2.	0,5 <	44,03	4,407	2,0722	32,11	62,49
3.	1 <	143,23	14,337	2,0284	25,18	56,07
4.	2 <	79,80	7,987	2,0408	29,34	42,87
5.	3 <	117,99	11,810	2,0160	28,05	59,89
6.	4,5 <	36,28	3,631	2,0072	18,26	20,92
7.	5 <	151,46	15,161	2,0077	26,042	40,96
8.	7 <	46,50	4,654	2,0093	25,978	45,28
9.	8 <	43,37	4,341	2,0028	22,35	50,67
10.	10 <	12,91	1,292	2,0010	24,25	59,47

Fosforitlar fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish uchun asosiy xomashyo sifatida apatit kabi fosfat minerallarini o'z ichiga oladi. Fosforitlarda P₂O₅ miqdorini oshirish uchun flotatsiya va magnetizatsiya kabi boyitish jarayonlarini amalga oshirish zarur [2-3]. Bu bosqich juda muhim, chunki xomashyo sifati yakuniy mahsulotning samaradorligini belgilaydi. Kislotalar va kombinatsiyalangan jarayonlar kabi ishlab chiqarish texnologiyalari fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishda tamol toshi hisoblanadi. Masalan, fosforitlarni konsentrlangan sulfat kislota bilan qayta ishlash fosfat kislota olish imkonini beradi, bu esa o'z navbatida eng mashhur fosforli o'g'itlardan biri bo'lgan superfosfat ishlab chiqarish uchun ishlati-

ladi. Shuningdek, fosfor va ammiak kislotalarini birlashtirib, ozuqaviy tarkibiga boy o'g'itlarni yaratadigan ammofos ishlab chiqarishni ham eslatib o'tish mumkin.

Fosforitlarning tuzilishi va mineralogik tarkibi ularning reaksiyon qobiliyatiga va o'g'itlardagi samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Turli xil fosforli o'g'itlar turli xil elementlarga ega bo'lib, bu agronomlarga ma'lum bir tuproq va o'simliklarning ehtiyojlariga qarab optimal yechimlarni tanlash imkonini beradi. Bunday yondashuv resurslardan yanada aniqroq foydalanish va umumiy mahsuldorlik ko'rsatkichlarini oshirishni ta'minlaydi [4]. Fosforli o'g'itlar qishloq xo'jaligi uchun muhim ahamiyatga

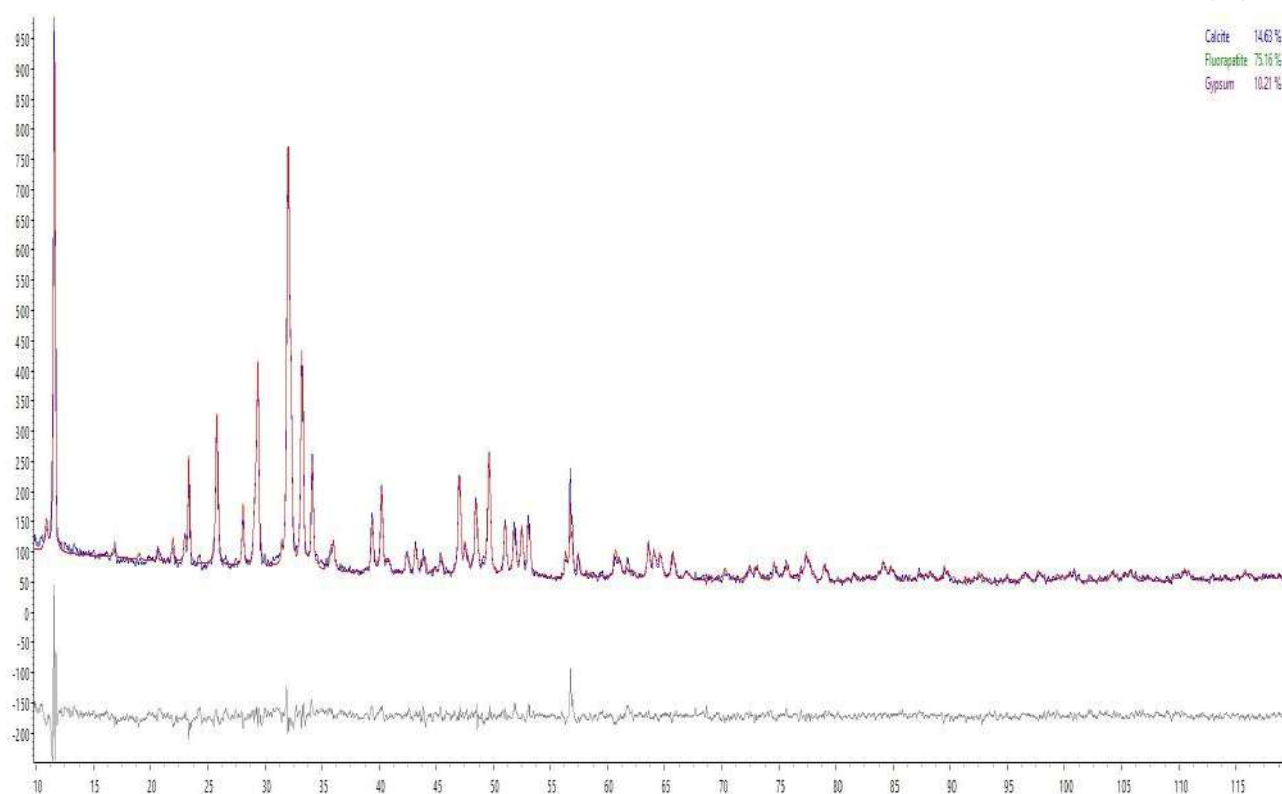
Meas. cond.

Diaphragm	DE-10mm	Atmosphere	Air	Sample spin	None	Meas. order optimization	Yes
Condition name	Primary filter	Tube voltage(kV)	Tube current(μA)	ST(μsec)	Meas. time(sec)	Dead time(%)	
High-Z	F	60.0	200	1.6	100	6.0	
Mid-Z	C	35.0	342	1.6	100	25.6	
Low-Z	Open	6.5	173	1.6	100	37.3	

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ	Element line	Intensity(cps/μA)
1	CaO	54.2	mass%	0.0579	0.0135	0.0404	M:Ca-Kα	22.79794
2	P2O5	29.7	mass%	0.0478	0.0340	0.102	L:P-Kα	51.83999
3	SiO2	5.22	mass%	0.0357	0.0399	0.120	L:Si-Kα	2.99704
4	SO3	5.16	mass%	0.0141	0.0105	0.0315	L:S-Kα	17.66513
5	Al2O3	2.93	mass%	0.0630	0.118	0.354	L:Al-Kα	0.42814
6	Fe2O3	2.09	mass%	0.0060	0.0018	0.0055	M:Fe-Kα	5.98822
7	Cl	0.257	mass%	0.0017	0.0027	0.0080	L:Cl-Kα	4.22981
8	SrO	0.244	mass%	0.0003	<0.0001	0.0002	M:Sr-Kα	25.35027
9	MnO	0.0472	mass%	0.0015	0.0028	0.0085	M:Mn-Kα	0.09248
10	ZrO2	0.0285	mass%	0.0004	0.0003	0.0010	H:Zr-Kα	0.36438
11	Y2O3	0.0120	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0002	M:Y-Kα	1.40165
12	Cr2O3	(0.0118)	mass%	0.0017	0.0046	0.0138	M:Cr-Kα	0.01369
13	U3O8	ND	mass%	0.0036	0.0105	0.0316	M:U-Mα	0.00758
14	BaO	0.0053	mass%	0.0003	0.0008	0.0024	H:Ba-Kα	0.12401
15	La2O3	0.0048	mass%	0.0004	0.0010	0.0029	H:La-Kα	0.10268
16	MoO3	0.0048	mass%	0.0002	0.0003	0.0009	H:Mo-Kα	0.06893
17	NiO	0.0036	mass%	0.0003	0.0008	0.0023	M:Ni-Kα	0.02702
18	CuO	0.0034	mass%	0.0002	0.0005	0.0015	M:Cu-Kα	0.03710
19	ZnO	0.0028	mass%	0.0002	0.0003	0.0010	M:Zn-Kα	0.04540
20	Ag2O	0.0012	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003	H:Ag-Kα	0.03731
21	Rb2O	0.0009	mass%	<0.0001	0.0001	0.0003	M:Rb-Kα	0.08363
22	Br	0.0007	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0002	M:Br-Kα	0.05450
23	SnO2	0.0007	mass%	<0.0001	0.0002	0.0007	H:Sn-Kα	0.02164
24	As2O3	(0.0004)	mass%	<0.0001	0.0002	0.0005	M:As-Kα	0.01419
25	K2O	ND	mass%	0.0087	0.0279	0.0837	M:K-Kα	0.00000
26	V2O5	ND	mass%	0.0031	0.0092	0.0275	M:V-Kα	0.00000
27	PbO	ND	mass%	0.0001	0.0003	0.0009	M:Pb-Lα	0.00002

1-rasm. Xomashyoni rentgen tuzilishi orqali mineralogik tarkibi



2-rasm. Xomashyoni rentgen tuzilishi orqali mineralogik tarkibi

ega bo'lishiga qaramay, ularni ishlab chiqarish va ulardan foydalanish atrof-muhitga, shu jumladan suv resurslari va tuproqning ifloslanishiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu ekologik izni minimallashtiradigan va ekotizimlar salomatligiga hissa qo'shadigan barqaror texnologiyalarni ishlab chiqish zarurligini ta'kidlaydi.

Barqaror qishloq xo'jaligi o'g'itlarning tabiiy resurslar va biologik xilma-xillikka ta'sirini hisobga olishni talab qiladi, bu esa ushbu tadqiqot sohasini ayniqsa dolzarb qiladi. Fosforli birikmalarning tuproq bilan o'zaro ta'siri va ularning o'simliklar uchun mavjudligi ushbu o'g'itlarni qishloq xo'jaligida qo'llashning muvaffaqiyatini belgilaydi. Fosforli o'g'itlardan foydalanishni optimallashtirish qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligini sezilarli darajada oshirishi va ularning salomatligini yaxshilashi mumkin [5].

Fosforli o'g'itlarni qo'llashning to'g'ri strategiyasini tanlash o'simliklarning agronomik sharoitlari va ehtiyojlarini tushunishga asoslanadi, bu yana nazariya va amaliyot o'rtasidagi bog'liqlikni ta'kidlaydi. Fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish ko'p qirrali jarayon bo'lib, kimyoviy, mineralogik va agronomik tamoyillarni tushunishga kompleks yondashuvni talab qiladi. Ushbu bilimlar qishloq xo'jaligini barqaror rivojlantirishga yordam beradigan texnologik va iqtisodiy jihatdan samarali strategiyalarni ishlab chiqish imkonini beradi [6].

Aznek fosforitlarida fosfor miqdori yuqori bo'lgan noyob tabiiy minerallar bo'lib, ularni agronomiya va sanoatda qimmatli resursga aylantiradi. Bu minerallar murakkab geokimyoviy jarayonlar natijasida, ko'pincha cho'kindi sharoitlarda hosil bo'lib, tuproq sifatini yaxshilash va qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. azneki fosforitlar organik material to'planishi bilan bog'liq bo'lgan o'ziga xos geologik sharoitlarda hosil bo'ladi [8].

Bu jarayon fosforiga boy minerallar hosil bo'lishiga olib keladi. aznek fosforitlarining tuzilishi odatda donador bo'lib, bu ularga o'ziga xos tekstura beradi. Hosil bo'lish sharoitiga qarab, bu minerallar shaffoflik darajasiga ko'ra shaffofdan yarim shaffofgacha o'zgarishi mumkin. aznek fosforitlarining rang gammasi ko'pincha kulrangdan yashil rangga-

cha o'zgarib turadi, bu ularni o'rganish uchun vizual jihatdan jozibali qiladi. azneki fosforitlarning asosiy komponenti fosfor bo'lib, uning miqdori 30% va undan yuqori bo'lishi mumkin.

Tadqiqot obyekti va usullari.

Ilmiy-tadqiqot ishlarini amalga oshirish maqsadida biz obyekt sifatida Markaziy Qizilqumning Aznek koni fosforitlaridan foydalandik. Aznek koni yangi kon hisoblanib bugungi kunda unda qazib olish ishlari amalga oshirilmoqda.

Aznek koni fosforit xomashyoyining kimyoviy tarkibi va mineralogik tarkibi o'rganildi. Rentgen tuzilishli tahlil yordamida fosforit xomashyosi tarkibida mavjud minerallar o'rganildi [10]. Fosforli o'g'itlar. Fosfatlarni aniqlash usuli GOCT 20851.2-75 ga asosan fosforit tarkibidagi P_2O_5 miqdori aniqlandi [9]. Granulometrik tahlil ma'lum bir massadagi fosforit rudasi maxsus o'lchamdagi elaklardan o'tkazildi hamda har bir fraksiya tarkibi tahlil qilindi.

Kimyoviy tahlillarni aniq bilish maqsadida namumalar energodispers rentgenfluoresentli spektrometr RIGAKU NEX DE da tekshiruv sinovlari o'tkazildi.

Olingan natijalar va ularning tahlili.

Dastlab laboratoriya sharoitida maydalagichdan o'tkazilgan 1 kg miqdordagi fosforit rudasi maxsus elaklardan o'tkazildi (1-jadval).

Har bir fraksiyadan o'tgan fosforit namunalari miqdorlari o'lchab olindi. Bunda elaklar o'lchami bo'yicha eng ko'p miqdor 0,5 mm dan kichik elakka to'g'ri keldi. Laboratoriyada turli o'lchamdagi elaklardan olingan namunalar kerakli miqdorda o'lchab olinib tarkibidagi P_2O_5 va CaO miqdorlariga tekshirildi.

Kimyoviy tahlil natijalariga ko'ra P_2O_5 ning eng yuqori miqdori 0,5 mm dan katta holatda kuzatildi.

Bizga ma'lumki, xomashyoning o'lchami qancha kichik (mayda) bo'lsa uning reaksiyaga kirishishi shuncha tez bo'ladi. Shuni inobatga olgan holda keying laboratoriya tadqiqot ishlarini aynan 0,5 mm dan kichik bo'lgan elakdan o'tgan elakdan olinadigan namunalar bilan davom ettirish maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz.



Aznek koni fosforit namunasi rentgen tahlillarini amalga oshirish uchun tayyorlab olingan namunalar dastlabki tekshiruvlari amalga oshirildi. Ushbu usul bilan ham element tarkib ham oksid tarkibi aniqlandi. Aznek konidan olingan fosforit xomashyo namunalari granulometrik holatda tahlil qilinganda o'rtacha 25-26 %ni bergan.

Yuqoridagi rasmda ko'rinadiki, kimyoviy tarkib orqali aniqlangan miqdorlarga juda yaqin qiymatlar kelib chiqadi. Dastlabki fosforit namunalari kalsiy oksidi miqdori ham nisbatan bu usul bilan mos keladi.

Bundan tashqari Aznek koni fosforitlari tarkibida uchrashi mumkin bo'lgan minerallarni aniqlash maqsadida mineralogik tahlil ham o'tkazildi (32-rasm). Bunda dastlabki fosforit xomashyosi rentgen tuzilishli tekshiruvini amalga oshirildi. Ushbu usul orqali P_2O_5 ni o'rab turgan minerallarni bilish mumkin.

Ushbu natijalar shuni ko'rsatdiki, aniqlanayotgan namuna asosan kalsit – 14,63%, ftorapatit 75,16% va gips qatlam – 10,21%ni tashkil etadi. Demak Aznek koni fosforit xomashyosi ham karbonatli ruda hisoblanib ularga kislotali ishlov berish orqali boyitish imkoniyati mavjud.

Xulosa.

Olib borilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalariga asosan fosforli o'g'itlar olish uchun ishlatiladigan mahalliy xomashyolardan Markaziy Qizilqum Aznek koni fosforit rudasi dastlabki granulometrik tarkibi kimyoviy tahlil qilindi. Fraksiyalarga ajratilgan namunalar massa jihatdan taqqoslanganda eng yuqori miqdor 0,5 mm dan kichik bo'lgan elakda ekanligi aniqlandi.

Namunalarni tarkibidagi asosiy komponent bo'lgan P_2O_5 miqdori o'zaro taqqoslandi. Miqdor jihatdan va reaksiya tez kirishi jihatdan 0,5 mm dan kichik holatdagi zarrachalar alohida ajratildi. Fosforit xomashyosi energodisper rentgenflyuoresent (element tarkibi) hamda rentgen tuzilishli (mineralogik tarkibi)lar aniqlandi. Bunda P_2O_5 ning miqdori 29% chiqqan bo'lsa, mineralogik holata asosan kalsit, ftorapatit va gips minerallari borligi aniqlandi.

O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlariga asoslangan holda Aznek koni fosforitlarini kislotali ishlov berish orqali turli fosfor saqlagan o'g'itlar olish mumkin degan xulosaga kelinadi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Pasinato V. Characterization of metallurgical slags towards the formulation of alternative binders.
2. Prutskov D.V., Prokhorenko I.O. Use of technological raw materials for obtaining aluminum magnesium spinel. Publishing House "Baltija Publishing".
3. Salkunić A., Vuković J., Smiljanić S. Review of technologies for the recovery of phosphorus from waste streams // Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, 36(2), pp. 91-116. (2022).
4. Akhtamova M., Khurramov N., Turdiyeva O. Synthesis phosphorous-potassium containing products by thermal method // Journal of Integrated Education and Research, 1(2), 17-24.
5. Тагаев И.А., Донияров Н.А., Асроров А., Муродов И., Хуррамов Н.И. Марказий Қизилқумнинг паст навли фосфорит рудаларига сульфат кислотали ишлов бериш натижасида айрим зарарли элементларни эритма таркибига ўтказиш имкониятларини табиқ қилиш // Фарғона политехника институтини илмий техника журнали. Scientific-technical journal НТЖ ФерГПИ. – 2021. – Т. 25. – №. 2. – С. 125.
6. Allamuratova A., Erkaev A., Reymov A., Tairov Z., Alimov U., European Chemical Bulletin 2022, 11(6), 7-14 (2022).
7. Erkaeva N., Kaipbergenov A., Erkaev A., Kucharov B. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023, 1142(1), 012106, (2023).
8. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У. Изучение содержания редкоземельных элементов в составе фосфоритов Азнекского месторождения и разработка способов их извлечения // Obogashchenie Rud 2024(2). – С. 40-44.
9. ГОСТ 20851.2-75. Удобрения минеральные. Методы определения фосфатов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 37 с.
10. Zschornack G. Handbook of X-ray data. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. – 969 p.

НФ-630; НФ-1200М-03

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ
ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ СТАНОК



NMZ
Эффект эксклюзивности

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

ОБОГАЩЕНИЕ МЕЛКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ГРАФИТОВЫХ РУД ТАСКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



Садуллаев Б.С.,
докторант кафедры
«Горное дело» ТГТУ



Вохидов Б.Р.,
заведущий кафедрой
«Металлургия» НГГТУ,
д.т.н., доцент



Куйлиева Ш.Д.
докторант
Навоийского отделения АН РУз.



Rajabboyev I.M.,
заместитель декана
заочного отделения НГГТУ,
д.т.н., доцент

Ushbu maqolada Toshqazgan koninig yuqori va pastki gorizont namunalarini boyitis usullari o'rganilgan. Tadqiqotlar natijasida, koning yuqori qatlami namunasini flotatsiya usulida boyitilganda tarkibida 68,6% uglerodli grafit boyitmasini 85,47%, unga kimyoviy ishlov berish natijasida esa 92,0% ajratib olishga erishildi. Pastki gorizont namunasini flotatsiya usulida boyitib, tarkibida 83,3% uglerodli grafit boyitmasini 84,7%, unga kimyoviy ishlov berish natijasida esa 98,0% ajratib olindi.

Tayanch iboralar: gorizont, grafit, maydalash, yanchish, tasniflash, flotatsiya usulida boyitish, boyitma, chiqindi.

В данной статье изучены методы обогащения проб верхнего и нижнего горизонта Ташказганского месторождения. В результате исследований удалось извлечь 84,47% графита с содержанием углерода 68,6% при обогащении пробы верхнего слоя. В результате химической обработки концентратов содержания графита поднято до 92,0%. Проба нижнего горизонта была обогащена флотационным методом, из них извлечено 84,7% графита с содержанием углерода 83,3%, в результате химической обработки извлечения было поднято до 98,0%.

Опорные слова: горизонт, графит, дробление, измельчение, флотация, концентрат, хвосты.

Вопросами обогащения мелкокристаллических графитовых руд месторождения Тасказган занимался ряд исследователей. Все они относили руду верхних горизонтов месторождения (0-25 м) к разряду труднообогатимых из-за тонкого взаимопрорастания чешуек графита с минералами вмещающей породы. Руда, залегающая на глубине 100 м и больше, обогащается с более высокими показателями [1, 8].

По данным минералогических анализов, руда верхних горизонтов месторождения представлена рыхлыми интенсивно измененными породами с графитовой минерализацией. Основную массу ее составляют графит, хлорит, серицит, кварц и т.д., причем значительная часть графита находится в сростках с указанными минералами. Размер вкрапленности чешуек графита от 0,001 до 0,5 мм.

Руда нижних горизонтов представлена измененными габбро-норитами с тончайшей вкрапленностью рудных минералов и графита. Вмещающая порода представлена плагиоклазами, биотитом,

флогопитом, кварцем, хлоритом и т.д., преобладающие размеры вкрапленников графита 0,02-0,9 мм. В отличие от руды верхних горизонтов здесь встречаются еще более крупные выделения.

Содержание углерода в рудах Тасказгана колеблется в пределах от 3 до 20%. По технологическим свойствам руда различных горизонтов резко отличаются друг от друга. В интервале глубин от 0 до 3 м они обогащаются с низкими показателями, от 10 до 25 м – удовлетворительно. Наилучшие результаты получены при обогащении руды нижних горизонтов (100 м и глубже).

Для обогащения руды Тасказганского месторождения было предложено несколько вариантов схем. Все они предусматривают тонкое измельчение и стадийную флотацию руды. Схемы с доизмельчением пенного продукта флотации до 80% класса -0,044 мм в один прием и последующими пересчетками черного концентрата с раздельной обработкой песков и шламов флотации, а также с обработкой промпродуктов в отдельном цикле не обеспечивают

Таблица 1

Результаты флотационного обогащения графитовой руды

Продукты	Выход, %	Содержание, %	Извлечение, %
верхний горизонт			
Концентрат	13,4	68,6	84,5
Промышленные продукты	14,0	10,75	13,8
Хвосты	72,6	0,25	1,7
Исходная руда	100,0	10,88	100,0
нижний горизонт			
Концентрат	11,9	83,3	84,7
Промышленные продукты	14,9	10,1	12,9
Хвосты	74,5	0,39	2,5
Исходная руда	101,3	11,56	100,0

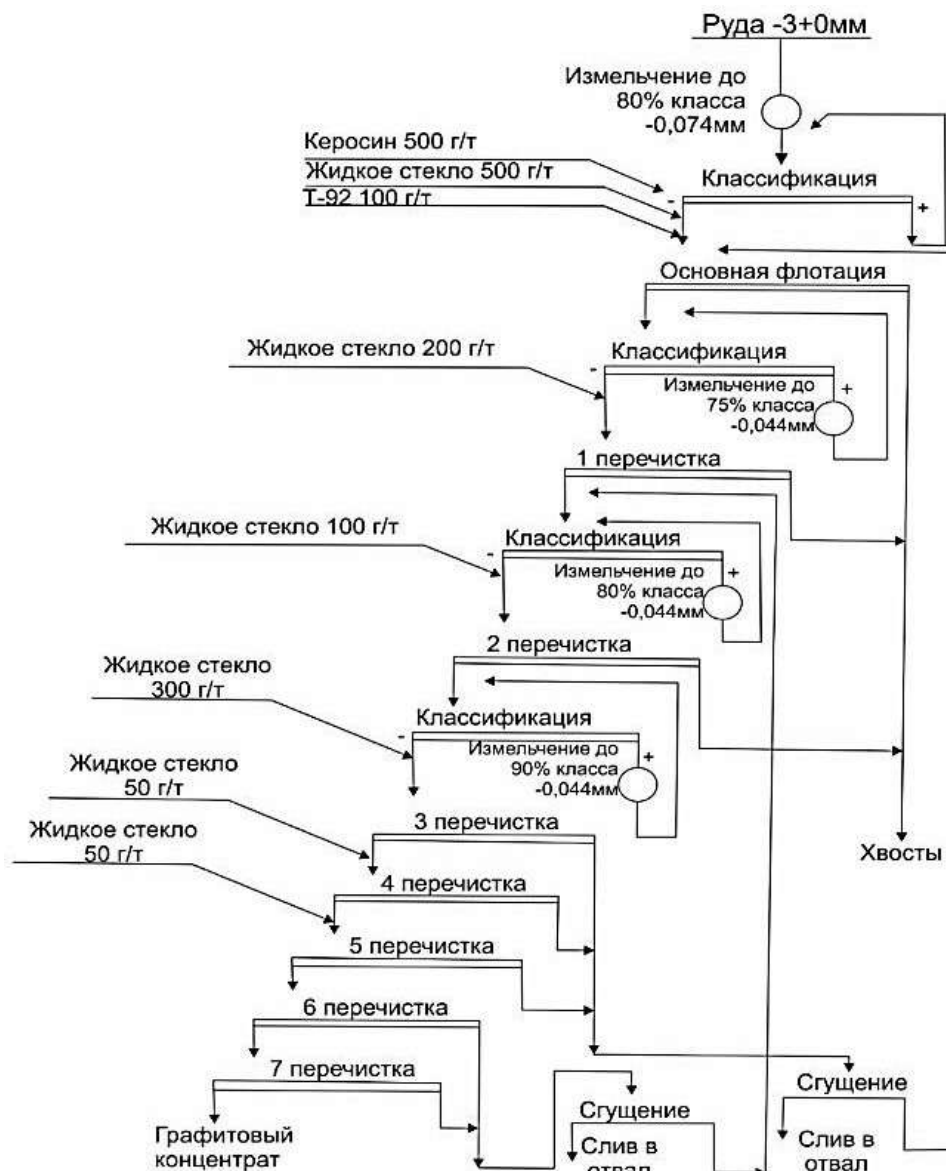


Рис. 1. Схема обогащения графитовой руды верхних горизонтов месторождения

удовлетворительных результатов обогащения. Во всех случаях много стадийная флотация с глубоким измельчением черного концентрата наиболее рациональна и позволяет получать более стабильные и высокие показатели.

Полезным и обязательным здесь является введение операции классификации в циклах доизмельчения. Необходимо отметить, что схемы стадийной флотации графитовой руды месторождения Тасказган, предложенные различными исследователями, мало отличаются друг от друга и предусматривают стадийное измельчение пенных продуктов флотации до крупности 80-95% класса -0,044 мм и 5-6 перечисток черного концентрата [4, 5].

Методология и результаты.

В лаборатории были проведены технологические исследования графитовых руд верхних горизонтов месторождения Тасказган и разработана схема их обогащения (рис. 1).

В результате исследований был получен графитовый концентрат содержащий 68,6% углерода при извлечении его 85,47%.

Нами разработана схема химической доводки флотационного концентрата, включающая следующие этапы:

- 1) шихтование концентрата с содой;
- 2) спекание шихты при температуре 850-900°C;
- 3) выщелачивание спека трехпроцентным раствором каустической или кальцинированной соды и промывка кека до pH 7-7,5;
- 4) выщелачивание отмытого кека пятипроцентным раствором соляной кислоты или соответствующей смесью серной кислоты с поваренной солью и промывка кека до pH фильтрата 6,5-7;
- 5) сушка обеззоленного графита.

Для обогащения руды применены методы флотационного обогащения.

При флотационном обогащении использовались следующие реагенты: сода, жидкое стекло, керосин и вспениватель Т-92.

По разработанной флотационной схеме получен концентрат, содержащий 83,3% углерода.

С целью получения высококачественного графитового продукта полученный флотационный концентрат подвергался химической

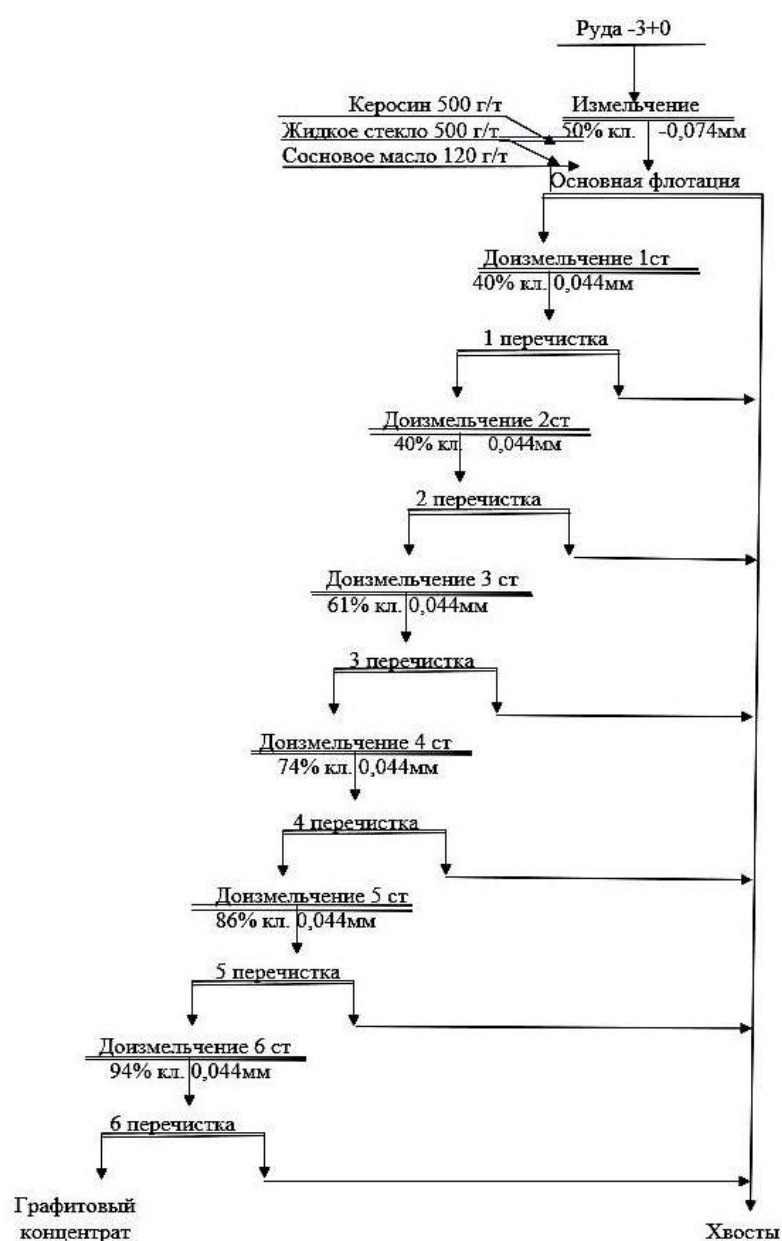


Рис. 1. Схема обогащения графитовой руды верхних горизонтов месторождения

доводке – спеканию с содой, выщелачиванию спека водой с последующей солянокислотной обработкой кека водного выщелачивания.

Результаты флотационного обогащения руды приведена в табл. 1.

По приведенной схеме на укрупненной лабораторной установке было получено достаточное для испытаний в готовых количество графита с зольностью 0,4-0,7%. При этом извлечение углерода от операции химической доводки составило 91-92%.

Лабораторные испытания по обогащению графитовой руды верхних горизонтов месторождения Тасказган, проведенные на укрупненной лаборатории ГУ ИМП подтвердили результаты лабораторных исследований [2].

Как уже отмечалось, графитовая руда нижних горизонтов месторождения в технологическом отношении менее изучена, чем руда верхних горизонтов. Однако обогащается она с более высокими технологическими показателями.

На рис. 2 приводится разработанная схема, которые проведен опыт. При флотации руды выделен графитовый концентрат, содержащий 83,3% углерода при извлечении 84,7% и приведена на 1 таблице.

В результате химической доводки полученного флотоконцентрата по вышеуказанной методике получен высококачественный графитовый продукт с зольностью 5,35% содержащий углерода 98,8% углерода.

Химическая доводка такого концентрата не представляет трудностей. После химической доводки, материал содержит 0,5-0,7% золы при извлечении углерода 96-98% от руды и может использоваться в изделиях различного назначения [5].

Из данной работы можно сделать вывод, что флотационного метода оказалось недостаточно для обогащения графитовой пробы Таказганского месторождения.

Обогащены графитовой пробы верхний и нижний горизонты методом флотации многостадийной перечисткой. Химическая обработка необходима для увеличения содержания углерода в получаемом обогащении графита.

В результате можно получить графитовой концентрат, соответствующее требованиям ГОСТа [9].

Библиографический список:

1. Садуллаев Б.С., Ахмедов Х. Разработка технология обогащения графитовой руды месторождения Тасказган. Композиционные материалы. № 3. – Ташкент: ГУП «Фан ва тараққиёт», 2023. – 106 с.
2. Ахмедов Х., Хамидуллаев Б.Н. Технологические исследования по обогащению графитовой руды месторождения Тасказган. Отчет. – Ташкент: ГП «ИМП», 2017. – С. 36-42.
3. Брагина В.И. Технология обогащения и переработки неметаллических полезных ископаемых. Учебное пособие. – Красноярск: СФУ, 2011. – С. 18-20.
4. Хамидов Р.А. Неметаллические полезные ископаемые Узбекистана. – Ташкент: ГП «ИМП», 2017. – С. 58-65.
5. Абдурахманов Э., Доняров Н.А. Курс лекций по предмету «Технология обогащения нерудных полезных ископаемых для магистров по специальности 5А540205 «Обогащение полезных ископаемых». – Навоий: Навоийский государственный горный институт, 2008. – С. 35-48.
6. Vasumathi N., Vijaya K., Ratchambigai T.V. Flotation studies in low grade graphite ore from eastern India. International Journal of Mining Science and Technology. No. 3. – Netherland: Elsevier, 2015, pp. 417.
7. Барбицкая П.Ю., Богданова Т.А., Гильманшина Т.Р. Исследование влияния качества графита на покрытия пресс-форм для литья под низким давлением. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 5. Сибр: СФУ, 2015. – 665 с.
8. Турсунов А.С., Адильов Дж.,К., Турдиадиллов У.М. Исследование процесса флотационного обогащения графитовой руды месторождения Тасказган Республики Узбекистан. Universum Технические науки/ – № 10. – Ташкент, 2019. – 42 с.
9. Li H., Feng Q., Ou L., Studying the Washability of Graphite microcrystals using water immersion test. – Netherland: International Journal of Mining Science and Technology. № 6. 2013, pp. 855.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕФЕКТА В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ВОДЫ НАВОИНСКОГО ГОРНО-МЕТАЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА



Азимова Д.А.,
доцент кафедры
«Безопасность жизнедеятельности»
НГТУ, PhD

Ушбу мақоллада BIOX GMZ-3 sexining chiqindi suvlari va aylanma suvlarning miqdoriy va sifat jihatidan tahlil qilish natijalari keltirilgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, asosiy ifloslanuvchi moddalar metallarni qayta ishlash jarayonlaridan chiqindi suviga tushadigan moddalar hamda og'ir metallar ionlari hisoblanadi. Tekshirilgan chiqindilarda erigan tuzlar va suspendlangan moddalarning yuqori konsentratsiyalari aniqlangan. Chiqindi suvlarga termik qayta ishlangan defekatning samaradorligini aniqlash uchun laboratoriya sinovlari o'tkazildi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, termik qayta ishlangan defekat og'ir metallar ionlaridan chiqindi suvlarni tozalashda yuqori samaradorlikka ega. Defekat sarfi 0,2% bo'lgan holda, chiqindi suvlarning berilliy (Be), alyuminiy (Al), marganes (Mn), mishyak (As), molibden (Mo), uran (U), sink (Zn) va toriy (Th) ionlaridan tozalanish darajasi 90% dan kam bo'lmaganini aniqladi. Nikel (Ni), selen (Se), stronsiy (Sr), qo'rg'oshin (Pb) ionlari uchun tozalash darajasi taxminan 70% ni, mis (Cu), xrom (Cr) va kobalt (Co) ionlari uchun esa 40% ni tashkil qildi.

Tayanch iboralar: og'ir metallar, termik modifikatsiyalash, shakar zavodi chiqindisi, sorbsiya, monoammoniy fosfat, metilen ko'ki, masspektroskopik tahlil.

В статье представлены результаты исследований количественного и качественного состава сточных вод пруда хвостохранилища и оборотной воды цеха БИОКС ГМЗ-3. Основными загрязняющими веществами оказались компоненты, попадающие в стоки при операциях обработки металлов, а также ионы тяжелых металлов. Анализ показал, что исследуемые сточные воды содержат высокую концентрацию растворенных солей и взвешенных частиц. Были проведены лабораторные испытания экспериментальных образцов термически переработанного дефеката на сточных водах. Установлено, что термически переработанный дефекат обладает высокой эффективностью для удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод. При расходе дефеката в количестве 0,2% степень очистки от тяжелых металлов достигла не менее 90% для ионов бериллия (Be), алюминия (Al), марганца (Mn), мышьяка (As), молибдена (Mo), урана (U), цинка (Zn) и тория (Th). Для ионов никеля (Ni), селена (Se), стронция (Sr), свинца (Pb) степень очистки составила около 70%, а для ионов меди (Cu), хрома (Cr) и кобальта (Co) – около 40%.

Опорные слова: дефект, тяжелые металлы, термическая модификация, отходы сахарного завода, сорбция, моноаммонийфосфат, метиленовый синий, масс-спектрометрический анализ.

Очистка, т.е. обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ является комплексной задачей. Освобождение сточных вод от загрязнения должно осуществляться с учетом их состава. Реальные сточные воды – это не чистые стабильные растворы, а гетерогенная смесь растворенных, коллоидных и взвешенных в воде примесей органического и неорганического происхождения. Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным.

Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степени вредности выделяемых примесей [1-2].

Известно что для очистки сточных вод используют разнообразные материалы естественного и искусственного происхождения, но чаще всего применяют активный уголь. В отличие от ископаемых углей древесный уголь является «чистым» топливом, не содержащим вредных веществ: серы, фосфора или канцерогенов, горящим без дыма и пламени и имеющим более высокую теплоту сгорания. По внешнему виду древесный уголь – это твердое микропористое

(до 80%) вещество черного цвета, с характерным синеватым блеском. В зависимости от плотности достаточно хрупкий, может ломаться и крошиться при механических воздействиях. Свойства и структура материала определяются температурой в процессе пиролиза при производстве угля, а также качеством исходного сырья и породой древесины. Из древесных отходов образуются малозольные угли с хорошо развитой пористой структурой, определяемой структурой исходной древесины. Угли из опилок, лесосечных и других отходов древесины имеют сеть развитых транспортных каналов, делающих их перспективными для обесцвечивания жидких сред. Целесообразность их применения для очистки сточных вод промышленных предприятий будет определяться лишь экономическими соображениями.

В работе [3] приведена способ очистки сточных вод от цианистых соединений согласно которому очистку осуществляют нитрифицирующими бактериями в присутствии аммофоса. Использование нитрификаторов совместно с аммофосом для очистки сточных вод от цианидов происходит в одну стадию, что значительно упрощает процесс очистки. Кроме того, не требуется строительства реакторов, в которых происходит процесс разрушения цианистых

Таблица 1

Результаты масс-спектрометрического анализа сточных вод (мг/л)

№	Элементы	Вода прудка хвостохранилища	ПДК
1.	Be	0,00036	0,0002
2.	Al	0,07	0,5
3.	Mn	1,3	0,1
4.	Ni	66,00	0,1
5.	Cu	21,00	1,0
6.	Zn	0,076	1,0
7.	As	0,88	0,05
8.	Se	1,0	0,01
9.	Sr	4,8	7,0
10.	Mo	2,8	0,25
11.	Cd	0,00085	0,001
12.	Hg	0,000072	0,0005
13.	Pb	0,00013	0,03
14.	Th	0,00015	-
15.	U	2,4	0,7
16.	Cr	0,023	0,5
17.	Co	21,0	0,1

соединений, а весь процесс происходит в прудках, не требуется использования полисульфидов, которые приводят к загрязнению окружающей среды. Например 1 л раствора с содержанием 40 мг/л CNS инокулируют нитрифицирующими бактериями из рода Nitrosomonas с титром 109 Кл/мл в соотношении 1 : 10 к объему исходного раствора, добавляют аммофос 20 мг/л. При температуре раствора 21-27°C скорость разрушения составляет 10 мг/л в сутки. Содержание ионов CNS в обработанном растворе равно нулю. Степень очистки 100% или 1 м³ раствора с содержанием 40 мг/л CNS инокулируют нитрификаторами с титром 109 Кл/мл в соотношении 1:10 к объему исходного раствора. При добавлении аммофоса в количестве 20 мг/л скорость окисления роданида при t 14°C равняется 2,5 мг/л в сутки. Степень очистки составляет 100%.

В работе [4-6] изучены адсорбционные поведения ионов металлов на целлюлозных поверхностях, полученных из целлюлозных текстильных отходов легкой промышленности. Ионообменные смолы на основе целлюлозы получен гидролизом исходного отхода серной кислотой с последующей нейтрализацией до различных значений pH и сушкой при 80°C. Средневзвешенный размер частиц используемых сорбентов был определен на основе фракционного состава порошкообразных сорбентов и составил 0,57 мм (pH = 1,5 – 3) и 0,14 мм (pH = 5 – 7). ИК-анализ элементного состава частиц выявил наличие связанных сульфатных групп в порошковом сорбенте с pH = 1,5-3. Результаты экспериментов показали, что модификация поверхности целлюлозного отхода серной кислотой повысила эффект адсорбции ионов Ni, Fe и Pb из водной среды. Сред-

Таблица 2

Результаты анализов и испытаний воды прудка хвостохранилища

Катионы	Содержание в литре			Другие показатели	
	мг/л	мг-экв/л	%-экв/л		
Na ⁺	536	23,33	23	жёсткость мг-экв/л: общая	73,0
K ⁺	170	4,36	4	карбонатная	3,90
NH ₄ ⁺	30	1,66	2	некарбонатная	69,10
Ca ²⁺	640	32,00	31	pH	7,50
Mg ²⁺	499	41,00	40	CO ₂ своб. мг/л	26
Fe ³⁺				CO ₂ агр. мг/л	нет
Fe ²⁺				SiO ₂ мг/л	8
Итого:		102,35	100	Сухой остаток: мг/л	
Анионы				экспериментальный	7140
				вычисленный	6729
Физические свойства					
Cl ⁻	479	13,50	13	прозрачность	прозрачно после фильтрации
SO ₄ ²⁻	3498	72,86	71	вкус	сильно соленый
NO ₂ ⁻	0,1	-	-	цвет	без цвета
NO ₃ ⁻	750	12,09	12	запах	без запаха
CO ₃ ⁻	Нет	-	-	осадок	при стоянии выпадает осадок
HCO ₂ ⁻	238	3,90	4		
Итого:		102,35	100	взвеш. вещества, мг/л	390

Таблица 3

Результаты масс-спектрометрического анализа сточных до и после очистки (мг/л)

№	Элементы	Вода прудка (исходная)	Вода прудка после очистки (доза 20 г/л)	Вода прудка после очистки (доза 50 г/л)	ПДК
1.	Be	0,00036	0,00001	0,00001	0,0002
2.	Al	0,07000	0,00300	0,00200	0,5
3.	Mn	1,30000	0,00170	0,00120	0,1
4.	Ni	66,00000	13,00000	7,90000	0,1
5.	Cu	21,00000	11,00000	8,20000	1,0
6.	Zn	0,07600	0,00460	0,00360	1,0
7.	As	0,88000	0,01000	0,00800	0,05
8.	Se	1,00000	0,27000	0,26000	0,01
9.	Sr	4,80000	0,90000	0,84000	7,0
10.	Mo	2,80000	0,06100	0,05600	0,25
11.	Cd	0,00085	0,00016	0,00014	0,001
12.	Hg	0,00007	0,00007	0,00004	0,0005
13.	Pb	0,00013	0,00003	0,00002	0,03
14.	Th	0,00015	0,00002	0,00000	-
15.	U	2,40000	0,00060	0,00010	0,7
16.	Cr	0,02300	0,01400	0,00900	0,5
17.	Co	21,00000	7,00000	6,30000	0,1

ство сульфокислотных смол к катионам обычно зависит от размера ионов и заряда катиона. Установлено, что значительную роль в адсорбционных свойствах полученных сорбентов играет электростатическое взаимодействие между поверхностными функциональными группами. Показано, что адсорбционная способность изучаемых металлов возрастает в ряду $Fe^{3+} < Pb^{2+} < Ni^{2+}$.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о целесообразности применения модифицированных отходов целлюлозных текстильных отходов легкой промышленности для очистки сточных вод от ионов металлов. В работе [7-9] показано повышенная эффективность комплексных коагулянтов по отношению к показателям содержания нефтепродуктов, что обусловлено развитой адсорбционной поверхностью хлопьев гидроксида титана по сравнению с гидроксидом алюминия. Установлено, что в большинстве случаев наиболее трудноудаляемыми загрязнениями являются нефтепродукты, поступающие в сточные воды от операций обработки металлов, а также ионы тяжелых металлов. Ввиду отсутствия разделения систем ливневой, промышленной и хозяйственно-бытовой канализации исследуемые стоки имели высокие концентрации растворенных органических соединений и взвешенных веществ. В качестве реагентов использован сульфат алюминия и сульфат алюминия, модифицированный продуктами гидролиза тетрагидрид титана. Установлено, что комплексные титаносодержащие реагенты эффективны в процессах коагуляционной очистки сточных. Процесс хлопьеобразования и седиментации протекал с высокой скоростью, что обусловлено реакциями флокуляции на поверхности гидрооксокомплексов титана, а также явлениями зародышеобразования на поверхности частиц гидроксида титана. Доказана повышенная эффективность образцов модифицированного продуктами гидролиза соединений титана коагулянта по отношению к традиционному сульфату алюминия. Расход комплексного коагулянта по сравнению с сульфатом алюминия был примерно в 1,25-1,5 раза ниже, при этом его эффективность примерно на 5-10% выше.

Таким образом, методы очистки производственных сточных вод очень разнообразны. Однако применение одного какого-либо метода очистки, в связи со сложным многокомпонентным составом сточных вод, будет недостаточно. Поэтому представляется целесообразным осуществлять многостадийную очистку стоков, где завершающей стадией является адсорбционная очистка, характеризующаяся высокой эффективностью, простым технологическим оформлением, применением доступных и достаточно дешевых реагентов.

В сахарном производстве в процессе дефекации образуется в значительных количествах осадок (дефекат), который утилизируется в качестве удобрения [10].

Отрасли применения таких веществ могут быть самые разнообразные: химическая (производство минеральных удобрений) и фармацевтическая промышленность, сельское хозяйство (кормовые добавки), металлургия (кальцийсодержащие легирующие добавки к сталям) и др.

Дефекат отличается своим составом, в зависимости от разновидности сырья и производства в основном в сухом сырье (при влажности 25-30%) содержится [11]:

- известь — 60-70%;
- органические вещества – 10-15%;
- азот – 0,2- 0,7%;
- фосфорная кислота – 0,2 -0,9%;
- калий 0,5-1%;
- незначительное количество серы, магния и микроэлементов.

Образующиеся в процессе производства сахарной свеклы крупнотоннажные отходы стали серьезной экологической проблемой многих стран. На сегодняшний день только небольшая часть дефеката используется для минерализации почв, большая же часть вывозится в отвалы.

В работе [12-14] разработан способ получения эффективного сорбента для очистки от нефтепродуктов на основе твердого отхода сахарной промышленности – дефеката, заключающийся в обжи-

ге исходного дефеката при 580-600°C в течение 30 мин при недостатке кислорода, что приводит к обугливанию остатков органических веществ и образованию карбонизованного слоя на поверхности частиц CaCO_3 . Также в данном работе установлена принципиальная возможность использования отхода производства дисахаридов для очистки модельных растворов от красителей «Оранжевый Я» и «Метиленовый голубой». Показано, что при обжиге исходного дефеката в течение 20 мин. при температуре 600°C образуется термически модифицированный дефекат с максимальными сорбционными свойствами. Это обусловлено тем, что при термической модификации исходного дефеката происходит образование углеродистых частиц, осаждающихся на поверхности CaCO_3 , что значительно увеличивает его сорбционные характеристики.

В работе [15] рассматривается влияние условий термического активирования поверхности дисперсных частиц дефеката на структуру, а, следовательно, и основные физико-механические свойства гипсовых композиционных материалов с его использованием. Дефекат исходный и термообработанный вводили в состав сырьевой смеси на основе гипсового вяжущего β -модификации в количестве от 5 до 25% взамен вяжущего.

Из литературных источников видно, что дефекат может быть использован в качестве адсорбента для очистки сточных вод загрязненных промышленными отходами. Исходя из вышеизложенных в данном работе изучен влияния термически переработанного дефеката на степень очистки сточных вод от загрязняющих ионов.

В первом этапе работы определены количественные и качественные характеристики сточных вод прудка хвостохранилища. Исходные параметры сточных вод (отобраны из объединенного коллектора предприятий) приведены в табл. 1-2.

В табл. 1 приведены результаты масс-спектрометрического анализа (ICP-MS) сточных вод а также ПДК технических вод для сравнения. Определения показателя цветности, содержание взвешенных веществ, анионы, катионы и другие показатели вод проводили в соответствии с утвержденными методиками. Химический состав сточных вод определяли: катионы Na^+ и K^+ – методом пламенной фотометрии, NH_4^+ , NO_2^- , Fe^{2+} – спектрофотометром (СФ-26), Ca^{2+} и Mg^{2+} – комплексонометрическим титрованием, CO_3^{2-} , HCO_3^- – титриметрическим титрованием трилоном Б, SO_4^{2-} -ионы и сухой остаток – гравиметрическим методом, pH – измерением на pH-метре ЭВ-74, NO_3^- – потенциометрическим способом, на иономере ЭВ-74 [16-18].

Как видно из данных таблиц, в сточной воде пруда хвостохранилища ГМЗ-3 содержатся следующие ионы: кальций (Ca^{2+}) – 640

мг/л, магний (Mg^{2+}) – 499 мг/л, натрий и калий ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) – 706 мг/л, аммоний (NH_4^+) – 30 мг/л, гидрокарбонат (HCO_3^-) – 238 мг/л, сульфат (SO_4^{2-}) – 3498 мг/л, хлорид (Cl^-) – 479 мг/л, нитрат (NO_3^-) – 750 мг/л, марганец (Mn) – 1.3 мг/л, никель (Ni) – 66 мг/л, медь (Cu) – 21 мг/л, мышьяк (As) – 0.88 мг/л, селен (Se) – 1.0 мг/л, стронций (Sr) – 4.8 мг/л, уран (U) – 2.4 мг/л, кобальт (Co) – 21 мг/л.

Сухой остаток составляет 7140 мг/л, а жесткость воды – 73.0 мг-экв/л. Это свидетельствует о сложном химическом составе данных сточных вод, для очистки которых необходимо использование полифункционального адсорбента. Применение такого адсорбента позволит эффективно удалять различные ионы и тяжелые металлы из загрязненной воды.

Исходя из вышеизложенных в следующем этапе работы исследовали влияния термически модифицированного дефеката на очистку сточных вод от ионов Mn , Ni , Cu , Zn , As , Se , Sr , Mo , Cd , Hg , Pb , Th , U , Cr , Co . Пиролиз дефеката осуществляли при температуре 400°C. Образцы сточной воды объемом 500 мл обрабатывали различными дозами (20 г/л и 50 г/л) термически модифицированным дефекатом. Данные влияния по удалению различных загрязняющих веществ от дозы модифицированного дефеката приведены в таблицах 4. Из данных видно, что по ряду показателей удалось добиться эффективного снижения содержания загрязняющих веществ, остаточные концентрации которых удовлетворяют требованиям технических вод. Например если в исходном сточной воде прудка хвостохранилища содержания элементов: Mn – 1,3 мг/л; Ni – 66 мг/л; Cu – 21 мг/л; As – 0,88 мг/л; Se – 1,0 мг/л; Sr – 4,8 мг/л; U – 2,4 мг/л; Co – 21 мг/л то после обработки термически переработанным дефекатом их содержания в воде снизился до: Mn – 0,0017 мг/л; Ni – 13 мг/л; Cu – 11 мг/л; As – 0,01 мг/л; Se – 0,27 мг/л; Sr – 0,9 мг/л; U – 0,0006 мг/л; Co – 7 мг/л. То есть, степень очистки для этих элементов лежит в пределах 75-85%.

Таким образом, проведенное исследование показало, что использование модифицированного дефеката значительно снижает содержание тяжелых металлов в сточных водах. Это говорит о его высокой эффективности в очистке загрязненных вод, особенно в тех случаях, когда присутствуют опасные для окружающей среды элементы. Модифицированный дефекат показал способность удерживать и выводить тяжелые металлы, что делает его перспективным материалом для применения в водоочистных процессах.

Библиографический список:

1. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2003. – № 68. – С. 1-138.
2. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы). – Астрахань: Астраханский государственный университет, 2013. – № 1 (23). – С. 182-192.
3. Laguntsov N., Kim V., Krasnov P., Neshchimenko Y., Borisenko M., Odintsov A., Fartunin A. The vortex activation method of reagent water treatment. – Cambridge: ARS Publications, 2006. – № 4. – pp. 57-66.
4. Мажид С.М. Об опыте эффективного использования биологических методов очистки сточных вод. – Переяслав: Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет имени Григория Сковороды, 2019. – № 12-2. – С. 154-157.
5. Кадер Д.М., Кадер Д.М., Кадер Д.М., Кадер Д.М. Методы удаления пигментов из сточных вод. – Томск: Томский политехнический университет, 2021. – Т. 332. – № 7. – С. 54-64.
6. Ксенофонтов Б.С. Проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий. – Москва: Издательство «Академия», 2011. – № S3. – С. 1-24.
7. Ованесянц А.М., Красильникова Т.А., Иванов А.Б. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в августе 2007 г. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2007. – № 11. – С. 92-96.
8. Дмитриевская Е.С., Красильникова Т.А., Маркова О.А. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в ноябре 2014 г. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2015. – № 2. – С. 101-108.
9. Веницианов Е.В., Аджиенко Г.В. Современные проблемы управления качеством поверхностных вод. – Борок: Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 2019. – № 85 (88). – С. 7-16.
10. Малкин А.Я. Поверхностные неустойчивости. – Москва: Наука, 2008. – Т. 70. – № 6. – С. 725-742.
11. Залетова Н.А., Воронов Ю.В. Новые технологии для решения современных задач очистки сточных вод. – Москва: Московский государственный строительный университет, 2012. – № 2. – С. 109-111.



12. Сэто Т. Обработка сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов. – Токио: Японская ассоциация водоснабжения и водоотведения, 1978. – № 227. – С. 46-52.
13. Кайралалова Г.Ж., Иминова Р.С., Баймырза П. Метод удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод. – Алматы: Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, 2021. – № 10. – С. 123-127.
14. Ферару Г.С., Растворцев А.Ф. Экологические проблемы и пути их решения на региональном уровне (на примере Белгородской области). – Москва: Финансы и кредит, 2010. – № 41. – С. 2-8.
15. Гостева С.Р. Экологическая безопасность России и устойчивое развитие: состояние, понятия, проблемы, перспективы решения. – Москва: Издательство «Берегиня», 2010. – № 4 (6). – С. 165-184.
16. Зыкова И.В., Панов В.П. Извлечение тяжелых металлов из активного ила кальциевыми материалами при аэрации. – Санкт-Петербург: СПГУТД, 2002. – № 7. – С. 92-98.
17. Зубарева Г.И., Гуринович А.В., Дёгтев М.И. Способы очистки сточных вод от катионов тяжелых металлов. – Москва: Издательство «ЭКиП», 2008. – № 1. – С. 18-20.
18. Ершов А.В., Яременко Л.В., Плачинта И.В., Лыхо А.М. Очистка сточных вод: новые подходы. – Москва: Издательство «ЭКиП», 1997. – № 2. – С. 42-45.
19. Шевченко Т.В., Мандзий М.Р., Тарасова Ю.В. Очистка сточных вод нетрадиционными сорбентами. – Москва: Издательство «Экология», 2003. – № 1. – С. 35-37.

РАХИМОВ ВАХОБ РАХИМОВИЧ (к 90-летию со дня рождения)



XXI-век – век информационных технологий. Так полагается называть это столетие. Да, мир изменился с появлением цифровых технологий, которые как облегчили жизнь человека, так и привнесли определенную некорректность в человеческие отношения. Стали девальвироваться такие человеческие ценности как искренность, преданность, сердечность. К счастью, человеческие отношения всё ещё хранят память, порядочность, справедливость и взаимное уважение. Никто не мог подумать о таком дисбалансе в век развития информационных технологий. К сожалению, глобальные проблемы человечества набирают обороты, но и научно-технический прогресс находится в тренде. В этом, конечно, велики заслуги учёных, стремления которых преобладают возможностям.

Как говорили наши мудрые предки «порядочен тот, кто своё время измеряет своим долгом!» Таким учёным был доктор технических наук, профессор, действительный член Академии наук Узбекистана, академик Рахимов Вахоб Рахимович, со дня рождения которого сегодня 8 октября 2024 года исполняется 90 лет. Именно он считал, что сознание исполненного долга — это высшее удовольствие в жизни учёного. Поэтому применительно к заслуженному деятелю науки и техники Республики Узбекистан, известному учёному-горняку, организатору подготовки горных инженеров-маркшейдеров, создателю научной школы Горной геомеханики в Узбекистане уместны эпитеты: личность незаурядная, человек с большой буквы, учёный международного масштаба. Друг – уникальный учитель – неподражаемый.

Действительно, Вахоб Рахимович был добрым и внимательным человеком. Он старался каждое мгновение своей жизни украшать полезными и добрыми делами. Относился к жизни философски и разделял мнения Эммануила Канта, что «Только радостное сердце способно находить удовольствие в добре», потому что всегда уния доброты весит больше, чем фунт золота. Поэтому установившаяся привычка быть добрым и внимательным всегда является украшением как самого человека, так и окружающих людей.

Например, человек родился, окончил школу, учился в институте, затем в аспирантуре, стал учёным, работал, влюбился и женился, стал отцом, посадил дерево, построил дом, освоил ремесло педагога и научного руководителя, вырастил учеников и оставил этот мир, пожелав остальным долгую жизнь. Это алгоритм счастливой жизни правильной, Богом лелеянной личности.

Действительно, Вахоб Рахимов родился 8 октября 1934 года в городе Самарканде. После окончания средней школы золотой медалью 1952 году поступил учиться в Горный факультет Среднеазиатского политехнического института. Трудовая деятельность горного инженера В.Р. Рахимова после окончания института в 1957 году начинается в горном отделе Академии наук республики в должности научного сотрудника. Так начинается путь длиною почти 60 лет от научного сотрудника до академика, профессора, заведующего кафедрой, декана факультета и первого проректора университета. Вот что отличает великодушного человека - простота и скромность. Он никогда не имеет выгоды для себя, но с готовностью делает добро окружающим. Вахоб Рахимович считал, что скромность – это не только орнамент, но и страж добродетели. Мне посчастливилось познакомиться с Вахоб Рахимовичем в кабинете ректора Ленинградского горного института в 1968 году. 45 лет находясь с ним рядом, даже в форс-мажорных ситуациях, не заметил повышения голоса даже наполовину тона. Вот такая завидная скромность украшала профессора Рахимова В.Р. Ведь он знал, что пример подражания для учеников - это профессорская мечта всегда на вес золота.

Время! Время – драгоценный дар, данный человеку Богом, чтобы в нём он стал умнее, совершеннее и мудрее. Вахоб Рахимович воспользовался этим даром сполна. Он сумел овладеть своим временем. В этом состоит величие человека. Он знал, что время – это капитал работника умственного

труда. Поэтому вовремя, в 1959-1961 гг. обучался в аспирантуре института горного дела имени А.А. Скочинского (г. Москва), где в 1962 году защитил кандидатскую диссертацию. В 1961-1963 годы работал старшим научным сотрудником института Среднеазиатского политехнического института (ныне ТашГУ) на должность старшего преподавателя. С 1968 года более 40 лет заведовал кафедрами «Маркшейдерское дело и геодезия» и «Горное дело».

В 37 лет стал доктором наук, защитил докторскую диссертацию в Московском горном институте. 18 лет был деканом горного факультета, 7 лет первым проректором Ташкентского политехнического, затем и государственного технического университета. В 2010-2014 гг. работал профессором кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия».

Был прав Абдурахман Джами, великий учёный, философ-поэт, утверждая, что «не должностью облагораживается и возвышается человек, но должностью благодаря человеку становится благородной и высокой».

За период работы в вузе он внес большой вклад в дальнейшее развитие кафедры, факультета и университета, расширение его материально-технической базы, интеграции учебного процесса с производством, повышения качества подготовки будущих инженеров, бакалавров и магистров.

Рахимов В.Р. широко известен в научных кругах как ведущий учёный в области горной геомеханики. Основная его научная деятельность связана с технологией разработки месторождений полезных ископаемых, маркшейдерией и горной геомеханикой. Разработанные под его руководством рекомендации по безопасному ведению горных работ и расчету конструктивных параметров камерно-столбовой системы разработки внедрены и нашли широкое применение при проектировании технологии разработки многих рудных месторождений как Узбекистана, так Казахстана и Белоруссии.

Вахоб Рахимович твёрдо верил, что «Человек никогда не будет знать достаточно, если не будет знать больше, чем достаточно и знания нужны для того, чтобы распространять, передавать молодому поколению». Наука есть не только знание, но и познание, умение пользоваться плодами научной мысли старшего поколения и современников.

Своими трудами, посвященными изучению геомеханических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых, исследованиям по обоснованию рациональных схем вскрытия, подготовки и разработки месторождений с учетом влияния тектонических полей напряжений, совершенствованию технологии разработки золоторудных, вольфраммо-молибденовых и мраморных месторождений, исследованиям по проблемам комплексного и рационального использования недр и совершенствования методики оценки месторождений на базе динамической кондиции заслужил признание научной общественности стран СНГ и дальнего зарубежья.

Разработанный В.Р. Рахимовым комплексный метод прогноза и контроля за геомеханическими процессами прибортового массива карьеров и дамб хвостохранилищ на базе новейших достижений маркшейдерских технологий позволили в режиме онлайн наблюдать и успешно решать задачи по оценке состояния устойчивости бортов по всему периметру карьеров и хвостохранилищ.

Проведенные, совместно со специалистами золоторудного карьера Мурунтау, исследования энергозатрат по основным переделам добычных процессов и подготовке горной массы обогащению, позволили обосновать технологическую и экономическую целесообразность перераспределения энергетических затрат путем интенсификации взрывного дробления на карьере Мурунтау. Предложенная на этой основе новая инновационная технология дробления глубокими скважинами, повышающая коэффициент полезного использования энергии взрыва в два раза, позволила значительно повысить производительность последующих переделов горного производства и переработки рудной массы.



Профессор В.Р. Рахимов был уверен и твердо верил, что «Знания – это абсолютная ценность человечества в пространстве и во времени». Поэтому он с большим благоговением передавал их подрастающему поколению, не уставая исследовать самые трудные и актуальные проблемы горной науки и практики. Под руководством академика В.Р. Рахимова были подготовлены 35 кандидатов и 4 доктора технических наук по специальностям «Горная технология» и «Маркшейдерское дело».

Результаты научно-исследовательских работ Рахимова В.Р. опубликованы в зарубежных и республиканских научно-технических журналах и изданиях. Он является автором более 450 научных трудов, в том числе более 60 публикаций в зарубежных журналах, 12 монографий, 10 учебников и учебных пособий, 21 изобретений, защищенных авторскими свидетельствами и патентами.

В.Р. Рахимов в течение 50 лет занимался педагогической работой и являлся организатором подготовки в Узбекистане горных инженеров-маркшейдеров. Впервые на государственном языке им был подготовлен ряд учебников и учебных пособий по дисциплинам: Проектирование рудников, Буровзрывные работы, Геомеханика, Технология подземной разработки рудных месторождений, Основы государственного кадастра, Горное право и др., которые являются основной литературой для студентов, обучающихся по направлению «Горное дело» и «Маркшейдерское дело».

На протяжении всей своей научно-исследовательской деятельности В.Р. Рахимов активно участвовал в работе республиканских и международных конференций и конгрессов. На международных конгрессах, симпозиумах и конференциях в Германии, России, США, Польши, Ирана, КНР, Турции, Южной Кореи, Швейцарии, Словакии, Казахстане и других стран, выступая с научными докладами, он достойно представлял достижения горной науки и производства Узбекистана за рубежом.

В.Р. Рахимов, как признанный педагог и ученый, участвовал в формировании научно-технической политики в области горного дела, являлся членом Специализированных Советов по защите докторских диссертаций Московского государственного горного университета, Казахского национального технического университета, он был ассоциированным членом Учебно-методического объединения (УМО) горных ВУЗов Министерства образования и науки Российской Федерации (МОН РФ), председателем Учебно-методического совета по специальности «Маркшейдерское дело», членом совета научных проблем горных наук РАН, членом редколлегии «Горного журнала», журнала «Известия вузов» и научно-технического, производственного журнала «Горный вестник Узбекистана».

В 1984 году Рахимов В.Р. был избран членом-корреспондентом, а в 2000 г. действительным членом Академии Наук Республики Узбекистан.

В 2002 году был избран академиком Академии горных наук Российской Федерации.

За заслуги в области научной, педагогической и организационной деятельности В.Р. Рахимов был удостоен звания «Заслуженный деятель науки и техники Республики Узбекистан», в 2004 году награжден орденом «Мехнат Шухрати». Он удостоен знака Шахтерской славы всех степеней.

В 2012 году за заслуги в подготовке научно-технических кадров для Социалистической Республики Вьетнам награжден орденом «Дружбы» этой страны.

Вахаб Рахимович во всех должностях от студента до первого проректора, во всех званиях от кандидата наук до академика оставался благородным и мудрым учителем-устозом. Здесь уместно вспомнить, что «Мудр не тот, кто знает много, а тот чьи знания полезны».

Вахаб Рахимович оставил полезное научное наследие – научную школу горной геомеханики. Благодаря сложившейся традиции школы горной геомеханики за последние 7 лет после его смерти 10 исследователей этой школы защитили диссертации на соискание ученой степени доктора наук и доктора философии по маркшейдерскому делу и физическим процессам горного производства.

Школа получила международное признание. Руководитель этой школы в 2023 году на XVIII Конгрессе ISM был избран вице-президентом Международного союза маркшейдеров и город Ташкент местом проведения XX Конгресса ISM в 2029 году.

Как говорил великий Алишер Навои «Не могут люди вечно быть живыми, но счастлив тот, чье будут помнить имя».

Академика Вахаба Рахимовича Рахимова, нашего дорого учителя не стало 20 октября 2014 г. Смерть и жизнь равноправны. Они не могут обойтись друг без друга. В тоже время смерти меньше боятся те люди, чья жизнь имеет наибольшую ценность.

Вахаб Рахимович наверное думал, что «Умение хорошо жить и красиво умереть – это одна и та же наука». Человек, который служил науке, он всегда бессмертен. И это правда. Настоящая Международная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию со дня рождения академика Вахаба Рахимовича Рахимова тому подтверждение.

Помнить, что дорого, понимать, что справедливо, чувствовать, что прекрасно, желать, что хорошо – вот цель данной конференции. Наши мудрые предки утверждали, что «Дорогу одолеет идущий». В добрый путь уважаемые участники Форума, успешной вам работы и незабываемых встреч на Ташкентской земле.

**Санакулов К.,
Сайидкосимов С.С.,
Садинов Ш.М.,
Казаков А.Н.,
Низамова А.Т.**



Коллективу

Алмалыкского горно-металлургического комбината

1949 год знаменательный не только для Алмалыкского горно-металлургического комбината, но и для меня – это тоже мой год рождения и мне тоже 75. Разница только в месте рождения: комбинат в Узбекистане, а я на Украине. Но судьба нас свела в 1968 году, когда меня как молодого специалиста отправили в Ташкент в «Средазцветметэнерго», где меня в первый же день откомандировали в Алмалык.

В это время шло освоение новой технологии получения меди – кислородно-флюсовая плавка. С тех пор моя биография, становление как специалиста неразрывно связана с комбинатом.

Степень доверия руководства комбината молодым специалистам меня поражает до сих пор. Так в 23 года я руководил капитальным ремонтом турбин на ТЭЦ, в 25 лет занимался модернизацией блока разделения воздуха. В 27 лет я возглавил все подразделения Средазцветметэнерго, участвующих в капитальном ремонте медеплавильного завода командированным персоналом более 1000 человек с Ташкента, Джезказгана, Балхаша, Чимкента, Ферганы, Норильска и других городов. С 1990 года меня назначают генеральным директором АО «Средазцветметэнерго».

Всю свою сознательную жизнь я принимал участие в становлении и развитии АГМК, радовался достижениям комбината, переживал, когда что-то шло не так, как планировали.

В наши дни большие перемены происходят на комбинате и в день юбилея хотелось бы пожелать всему рабочему коллективу АГМК успешного решения всех проблемных вопросов, крепкого здоровья, устойчивого финансового положения комбината и как результат – достатка в доме всех работников при чистом небе над головой.

С праздников, дорогие друзья!
Генеральный директор АО «Средазцветметэнерго»
М.О. Костецкий



**Председателю правления
АО "Алмалыкский ГМК"
А. Хурсанову
Уважаемый Абдулла Холмурадович!**



От имени компании "China NFC" и от себя лично сердечно поздравляю Вас и Ваш коллектив с знаменательной датой — 75-летним юбилеем Алмалыкского горно-металлургического комбината.

Ваш комбинат занимает ключевое место в горной и металлургической промышленности Узбекистана и на протяжении многих лет вносит значительный вклад в экономическое развитие страны. Благодаря новой политике Узбекистана, реализуемой в течение последних 8 лет, а также поддержке глубокоуважаемых руководителей наших стран Шавката Мирзиёева и Си Цзиньпина, наши отношения вышли на совершенно новый уровень. Мы уверены, что совместные усилия будут способствовать дальнейшему укреплению нашего партнерства.

На сегодняшний день на АГМК реализуются мега проекты, которые не только делают историю экономического развития Узбекистана, но и выводят страну в число мировых лидеров в горной и металлургической промышленности. Эти проекты открывают новые горизонты для роста и инноваций, создавая рабочие места и повышая уровень жизни населения.

Мы высоко ценим наше сотрудничество и надеемся на его дальнейшее развитие. Уверен, что совместными усилиями мы сможем достичь еще больших успехов в будущем.

Поздравляю вас с юбилеем! Желаю вам и вашему коллективу здоровья, счастья и новых достижений!

С уважением,

Qin Junman

"China NFC"

1 ноября 2024 года



Dr. Toralf Haag
Vorstandsvorsitzender
Chief Executive Officer

Aurubis AG, Hovestrasse 50
20539 Hamburg, Germany

Hamburg, 29 October 2024

Dear Leadership Team of the Almalyk Mining and Metallurgical Complex,

On behalf of Aurubis AG, the largest European copper producer, we extend our heartfelt congratulations to the remarkable occasion of your 75th anniversary!

This milestone not only reflects your long-standing commitment to excellence in the mining and metallurgical industry but also highlights the strong impulse for partnerships and collaborations that have contributed to your success. Your ambition to innovation, sustainability, and safety will set a new benchmark in our industry.

Over the years, we have witnessed your growth and resilience, navigating challenges with determination, and transforming them into opportunities. It is a privilege to enter a partnership journey towards achieving shared goals.

As you celebrate this significant achievement, we look forward to igniting our collaboration and contributing to even greater successes in the years to come.

Congratulations once again on this remarkable achievement! Here's to many years of fruitful partnership and innovation.

Warm regards,

Dr. Toralf Haag



KOMATSU



ИП ООО «IKO Machinery»
Официальный дистрибьютор Komatsu в Узбекистане
Адрес: Узбекистан, 100167, Ташкент, ул. Гейдар Алиева 313

info.uz@iko.group
+99878 129-63-96
+99878 129-63-98
www.iko.group



Simba E7

Буровые установки «Epiroc» для промышленного бурения при проведении подземных горных работ.