

www.rudmet.ru

ISSN 0017-2278

РУДНЫЙ ЖУРНАЛ

193 года

Издается с 1825 года
(№ 2254)

9.2018



Навоийскому горно-металлургическому
комбинату –

60 лет



Дорогие друзья, уважаемые читатели «Горного журнала»!

2018 год будет навсегда запечатлен в истории горно-металлургической отрасли как год празднования 60-летия образования Навоийского горно-металлургического комбината.

Точкой отсчета жизни комбината стал 1958 год, когда на Кызылкумских просторах развернулось строительство крупнейшего в Узбекистане уранодобывающего предприятия. Открытие уникального месторождения Мурунтау позволило создать на базе Навоийского ГМК один из известнейших в мире золотоизвлекательный комплекс. Так безводная пустыня превратилась в настоящий полигон научно-технических экспериментов и достижений горной техники, став для многих поколений горняков и металлургов щедрой и богатой родной землей.

Сегодня во всех сферах жизни нашей республики идет стремительный процесс воплощения идей и задач, выдвинутых Президентом Шавкатом Миромоновичем Мирзиёевым в Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан до 2021 г. Проводимые широкомасштабные реформы заключаются в инновационном развитии всех областей экономики и социальной сферы на основе передового зарубежного опыта, современных достижений мировой науки, интеграции образования, науки и производства, внедрения инновационных идей и технологий, создания новых рабочих мест. Поводом для гордости служит то, что в экономическом развитии страны и улучшении благосостояния населения есть и вклад дружного 60-тысячного коллектива Навоийского горно-металлургического комбината.

На сегодняшний день наше предприятие заняло достойное место в первой десятке ведущих мировых компаний-производителей золота и урана. Комбинат стал инновационным кластером в развитии экономического потенциала, промышленности, строительства и культуры Кызылкумского региона. Сегодня горняки, металлурги, геологи, энергетики, строители и представители других профессий вместе со своими семьями и детьми живут в красивых городах и поселках Учкудук, Зарафшан, Навои, Нурабад, Зафарабад, Заркент, Марджанбулак, воздвигнутых посреди пустыни, и самоотверженно трудятся для того, чтобы их быт стал еще лучше.

Располагая пакетом уникальных технологий, наличием золотого фонда кадров из профессионалов высокой квалификации, богатым опытом, преемственностью поколений, тесным сотрудничеством с мировыми компаниями-лидерами горной и металлургической отрасли, комбинат закрепляет свои позиции как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Накануне юбилея выражаю искреннюю признательность и сердечную благодарность первопроходцам, ветеранам, всему трудовому коллективу комбината за созидательный и плодотворный труд во имя благополучия и процветания независимого Узбекистана.

К. С. Санакулов,
генеральный директор
Навоийского ГМК



ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Ежемесячный научно-технический
и производственный журнал

№ 9 (2254)

СЕНТЯБРЬ 2018

Основан в 1825 году
при Горном кадетском корпусе

Базовый печатный орган Межправительственного совета стран СНГ
по разведке, использованию и охране недр

Официальный информационный орган Федерального УМО
«Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия»

Журнал выпускается при участии: АК «АЛРОСА» (ПАО), АО «Алатит»,
ПАО «ГМК «Норильский никель», НПК «Механобр-техника» (АО)

При содействии: Государственного предприятия «Навоийский ГМК», ФГБУН ИПКОН РАН,
НПК «Горнопромышленники России», Государственного Эрмитажа

Информационный координатор тематики развития минерально-сырьевой базы стратегического
сырья Госкорпорации «Росатом» — Урановый холдинг «АРМЗ» (АО «Атомредметзолото»)

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

АО «Издательский дом «Руда и Металлы», ФГАОУ ВПО Национальный
исследовательский технологический университет «МИСиС», Автономная
некоммерческая организация «Хибинский телерадиоиздательский центр»
Председатель правления «Горного журнала» Л. А. Вайсберг

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л. А. Пучков (главный редактор), В. В. Адушкин, В. Ж. Аренс, А. А. Барях,
Л. А. Вайсберг, Н. Г. Валиев, В. А. Винников (руководитель секции «Физика
горных пород и процессов»), А. Г. Воробьев (зам. главного редактора),
Л. Д. Гагут (руководитель секции «Экономика, управление, недропользование»),
В. А. Ерёмченко, Б. Н. Зарываев, В. Н. Захаров, В. П. Зубов, И. В. Зырянов,
С. А. Ильин, О. И. Казанин, Н. О. Каледина (руководитель секции «Охрана
труда и окружающей среды»), Д. Р. Калпунюв (руководитель секции «Разработка
месторождений и горно-строительные работы»), Е. А. Козловский (руководитель
секции «Сырьевая база»), А. В. Корчак, Г. Л. Краснянский, В. С. Литвиненко,
А. Б. Макаров, Ю. Н. Малышев, О. Н. Малыгин, Д. В. Пастухин, В. Л. Петров
(руководитель секции «Образование и кадровое обеспечение горной
промышленности»), Г. Г. Пивняк, М. В. Рыльникова, В. С. Святецкий,
И. О. Темкин, Е. М. Титиевский, С. М. Ткач, К. Н. Трубецкий, В. А. Чантурия
(руководитель секции «Переработка и комплексное использование полезных
ископаемых»), А. Н. Шабаров, Е. Е. Шешко (руководитель секции «Горное
оборудование, электроснабжение и автоматизация»), Т. И. Юшина, А. Б. Яновский

РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВ В СТРАНАХ И РЕГИОНАХ:

Азим Иброхим (Таджикистан), С. С. Арзуманян (Армения),
А. М. Бабев (КМА, Россия), С. Вуйич (Сербия), И. И. Головатый (Беларусь),
А. А. Одекос (Туркменистан), И. Ю. Рассказов (Дальневосточный регион, Россия),
У. Д. Рыскулов (Кыргызстан), И. Б. Табакман (Канада), А. Г. Твалчрелидзе (Грузия),
Л. И. Тотов (Болгария), Ф. Уолл (Великобритания), А. Ф. Цеховой (Казахстан),
К. С. Санакулов (Кызылкумский регион, Узбекистан), М. Эрикссон (Швеция),
З. Дж. Эфендиева (Азербайджан), В. Л. Яковлев (Средний и Полярный Урал, Россия)

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен
в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» по разработке
месторождений твердых полезных ископаемых, экономике, энергетике

Журнал входит в Международные реферативные базы данных
SCOPUS и CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования — 0,427

Подписные индексы:
в каталоге агентства «Роспечать» — 73075
в объединенном каталоге «Пресса России» — 45343

РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора А. Г. Воробьев,
ведущий редактор Л. Е. Костина,
редакторы: В. А. Елистратова, Е. Ю. Рахманова,
А. А. Тюменцева
консультант по горному делу С. А. Ильин,
менеджер по рекламе Н. И. Кольцова,
специалист по дополнительной
подготовке Н. Г. Неделькина

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»

Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., д. 6,
строение 2, НИТУ «МИСиС», оф. 622

Адрес редакции: 119049, Москва, Ленинский просп., д. 6,
Горный институт НИТУ «МИСиС», оф. Г-550
Тел/факс: +7 (499) 230-27-48; 230-27-68
Эл. почта: gornjournal@rudmet.ru

Почтовый адрес: 119049, Москва, д/я № 71

Отдел рекламы:
Тел/факс: +7 (499) 230-27-18
Эл. почта: reklama@rudmet.ru

www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический
и производственный журнал «Горный журнал»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
(Свидетельство ПИ № ФС77-69847 от 18.05.2017 г.)

Товарный знак и название «Горный журнал» являются исключительной
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Отпечатано в типографии «Вива Стар»
Адрес типографии: 107023, Москва, Электроводская ул., 20, стр. 3

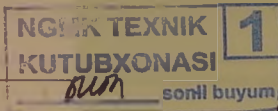
Подписано в печать с оригинал-макета 3.10.18

Дата выхода в свет: 10.10.18

Формат 60х90/8. Печ. л. 14

Печать offsetная. Бумага мелованная
Тираж 3000 экз. Цена свободная

- За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель
- За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор
- Все материалы, поступающие в редакцию, строго рецензируются и рассматриваются на заседаниях соответствующих секций и редакционной коллегии
- Мнение редакции может не совпадать с позицией авторов статей, опубликованных в журнале
- Переписка материалов возможна только с письменного разрешения редакции
- При переключении ссылки на «Горный журнал» обязательна
- За сроки размещения опубликованных статей в базе данных Scopus редакция ответственности не несет



ISSN 0017-2278



ГП «НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

Санакулов К. С. Навойский горно-металлургический комбинат — лидер горнодобывающей отрасли Узбекистана 4

Снитка Н. П. Инновации — основной фактор развития предприятия 9

Курбанов Б. И., Музафаров А. М.
Долглетнее и плодотворное сотрудничество
Института ядерной физики АН РУз и Навойского ГМК 15

Дементьев В. Е., Муллоев В. М. Сотрудничество института
«Иргиредмет» и Навойского горно-металлургического комбината 19

СЫРЬЕВАЯ БАЗА

Хамроев И. О. Состояние золоторудной минерально-сырьевой
базы Навойского ГМК 22

ПРЕКТИРОВАНИЕ И ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Йулдошев У. У. Открыто-подземное вскрытие глубоких
горизонтов карьера «Мурунтау» 33

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мирзаев Ш. Ш. Ресурсосберегающая технология
горных работ при освоении мелкомасштабных золоторудных
месторождений Центральных Кызылкумов открытым способом 38

Норов Ю. Д., Насиров У. Ф., Очлов Ш. А.
Исследование и разработка способа взрывания
высоких уступов параллельно сближенным скважинными
зарядами с заклинивающейся забойкой 42

Запоров Ш. Ш., Мякимов Д. Р., Урнинов Ш. Р.
Теоретические и экспериментальные исследования взрывного
разрушения горных пород при различных формах зажатой среды 46

ПЕРЕРАБОТКА И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Цой В. Д., Булин С. Е., Усманов Р. И., Кван А. Б.
Минералого-геохимические исследования исходных руд
и продуктов обогащения ГМЗ-3 51

Снитка Н. П., Наммиева Р. Ш. Направления комплексного
использования техногенных ресурсов при открытой разработке
месторождения Мурунтау 57

Санакулов К. С., Зргашев У. А., Доберсек А.
Совершенствование технологии переработки углистых
золотомышьяковистых упорных руд Узбекистана 61

Санакулов К. С., Исмаилов М. М., Дементьев В. Е., Муллоев В. М.
Освоение технологии переработки хвостов кучного выщелачивания
Навойского ГМК 64

Санакулов К. С., Курбанов М. А., Петулов О. Ф.
Исследование и разработка комбинированной технологической
схемы извлечения рения из руд при подземном выщелачивании 69

Василенок О. П., Рузиев Б. Т., Иванова И. А.
Роль и влияние окислителей, применяемых при подземном
выщелачивании урана, на полутное извлечение рения 74

Иванова И. А., Василенок О. П., Рузиев Б. Т.
Причины возникновения и способы устранения змутьсии
при жидкостной экстракции урана из химических концентратов 78

Штеер В. К., Полванов С. К., Зргашев Н. У.
Совершенствование сорбционной технологии извлечения золота
из смешанных руд месторождений Мурунтау и Мютенбай 82

Хасанов А. С., Толибов Б. И. Исследование возможности
процесса окисления сульфидных материалов в печи
для интенсивного обжига 85

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Равшанов А. Ф., Силкин А. А., Селезнев А. В. Обоснование парка
горнотранспортного оборудования в переходный период развития
карьера «Мурунтау-Мютенбай» от IV к V очереди 90

Атакулов Л. Н., Казаров С. К., Хайдаров Ш. Б.
Выбор оптимального метода стыковки резинотросовых
конвейерных лент 97

ЮБИЛЕИ

Струкову Константину Ивановичу — 60 лет. 101

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

О присвоении ПАО «Приаргунское производственное
горно-химическое объединение» имени Е. П. Славского
и награждении знаком «Ефим Павлович Славский» 102

РЕКЛАМА

«Уголь России и Майнинг-2019» — XXVI Международная
специализированная выставка технологий горных разработок
АО «Машиностроительный холдинг»
ООО «СТЛС «БЕЛАЗ-УРАЛ»
«МАЙНЕКС Россия-2018» — 14-й горно-геологический форум

MONTHLY SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

The basic edition of the Intergovernmental council of CIS countries in exploration, usage and protection of the earth bowels

With participation of "ALROSA" PJSC, "Apatit" JSC, PJSC "MMC "NORILSK NICKEL", "MekhanoBr-Technica" JSC
With assistance of State enterprise Navoi mining and metallurgical works, IPKON RAN, "Gornopromyshlenniki Rossii" non-commercial partnership, State Hermitage Museum
Information coordinator of expansion of strategic mineral supply for the Russian Federation
National Nuclear Corporation Rosatom is ARMZ Uranium Holding (Atomredmetzoloto)
Founders: "Ore & Metals" Publishing house, National University of Science and Technology "MISIS", Autonomous Noncommercial Organization "Khibinsky Television, Radio Broadcasting and Publishing Centre"

Chairman of the managing board: Leonid Vaisberg
Editor-in-Chief: Lev Puchkov
Deputy Editor-in-Chief: Alexander Vorobiev
Mining consultant: Sergey Il'yin

Leading editor: Lyudmila Kostina
Editors: Vera Elistratova, Elena Rakhmanova, Anastasiya Tyumentseva
Advertising manager: Natalia Kolykhalova
Responsible for pre-printing work: Natalya Nedelkina

Actual address: Moscow, Leninsky prospekt 6, office G-550
Mailing address: Russia, 119049, Moscow, P. O. Box # 71
Phone/fax: +7 (499) 230-27-48, +7 (499) 230-27-68
E-mail: gornjournal@rudmet.com
Internet: www.rudmet.com

The journal has been published since 1825
at Mining military school

Publisher: "Ore & Metals" publishing house
Phone/fax: +7 (495) 638-45-18
E-mail: rim@rudmet.com

Printed in "Viva Star" printing house
107023, Moscow, Elektrozvodskaya ulitsa, 20, stremeniye 3

CONTENTS

NAVOI MINING AND METALLURGICAL COMBINAT

Sanakulov K. S. Navoi Mining and Metallurgical Combinat – Leader of the mining industry in Uzbekistan	4
Snitka N. P. Innovations – A key factor of a company's development	9
Kurbanov B. I., Muzafarov A. M. Long-standing and fruitful partnership between the Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, and Navoi Mining and Metallurgical Combinat	15
Dementiev V. E., Mullov V. M. Working relationships of the Ingiredmet Institute and Navoi Mining and Metallurgical Combinat	19

RAW MATERIAL BASE

Khamraev I. D. Gold reserves of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat	22
---	----

DESIGNING AND MINING-CONSTRUCTIONS WORK

Ildashev U. U. Opencast/underground access to deep levels at Muruntau open pit mine	33
---	----

DEVELOPMENT OF DEPOSITS

Mirzaev Sh. Sh. Resource-saving technology for mining small gold deposits in the Central Kyzylkum by the opencast method	38
Norov Yu. D., Nasirov U. F., Ochilov Sh. A. Investigation and development of high-bench blasting method with parallel close-spaced holes and wedging stemming	42
Zairov Sh. Sh., Makhmudov D. R., Urinov Sh. R. Theoretical and experimental research of explosive rupture of rocks with muck piles of different geometry	46

PROCESSING AND COMPLEX USAGE OF MINERAL RAW MATERIALS

Tsoi V. D., Bulin S. E., Usmanov R. I., Khvan A. B. Mineralogical and geochemical research of original ore and concentrates of Hydrometallurgical Works 3	51
Snitka N. P., Naimova B. Sh. Trends of integrated utilization of open pit mining waste at the Muruntau deposit	57
Sanakulov K. S., Ergashev U. A., Dobeisek A. Improvement of processing technology for rebellious carbonaceous arsenic-bearing gold ore in Uzbekistan	61
Sanakulov K. S., Ismagilov M. M., Dementiev V. E., Mullov V. M. Processing technology for heap leaching tailings at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat	64
Sanakulov K. S., Kurbanov M. A., Petukhov D. F. Investigation and development of hybrid extraction of rhenium during in-situ ore leaching	69
Vasilenok D. P., Ruziev B. T., Ivanova I. A. Role and effect of in-situ leach uranium oxidizers in by-recovery of rhenium	74
Ivanova I. A., Vasilenok D. P., Ruziev B. T. Sources and elimination of emulsion origination in liquid extraction of uranium from chemical concentrates	78
Shteer V. K., Polvanov S. K., Ergashev N. U. Improvement of sorption technology for gold extraction from complex ore of the Muruntau and Myutenbai deposits	82
Khasanov A. S., Tolibov B. I. Feasibility of sulfide material oxidation in intense roasting furnace	85

EQUIPMENT AND MATERIALS

Ravshanov A. F., Silkin A. A., Seleznev A. V. Evaluation of mining and transport equipment fleet for phase IV–V transition at Muruntau–Myutenbai open pit mine	90
Atakulov I. N., Kakharov S. K., Khaidarov Sh. B. Selection of optimal jointing method for rubber conveyor belts	97

УДК 622.012НГМК

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ — ЛИДЕР ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ УЗБЕКИСТАНА



К. С. САНАКУЛОВ,
генеральный директор,
проф., д-р техн. наук,
info@ngmk.uz
ГП «Навоийский горно-металлургический
комбинат», Навои, Узбекистан

Навоийский горно-металлургический комбинат (НГМК) является одним из крупнейших в мире производителей золота, серебра, урана и других драгоценных и редкоземельных металлов, осуществляющий завершённый цикл производства — от поисково-разведочных работ до получения готовой продукции. Кроме того, комбинатом разрабатываются месторождения фосфоритов, облицовочного камня (габбро, гранит, мрамор), песка для строительства и литейного производства, известняка. НГМК также выпускает различные станки, горношахтное и обогащательное оборудование, запасные части, электроды, резинотехнические изделия, товары для фермерских хозяйств и малого бизнеса, поливинилхлоридную и полиэтиленовую продукцию.

Сегодня Навоийский ГМК — флагман экономики независимой Республики Узбекистан, представляющий собой целый комплекс крупных добывающих и перерабатывающих предприятий, расположенных в нескольких регионах страны — Навоийской, Самаркандской, Бухарской, Джизакской, Хорезмской областях.

Дано описание производственной деятельности одного из крупнейших горных предприятий Республики Узбекистан — Навоийского ГМК. Приведены сведения о технологии добычи и переработки золото- и ураносодержащих руд, достижениях в области модернизации и технического перевооружения производства и перспективах развития. Представлены реализованные проекты разработки новых месторождений, строительства новейших горнорудных комплексов и усовершенствования технологических процессов.

Ключевые слова: Республика Узбекистан, Навоийский ГМК, показатели производства, инновационная деятельность, модернизация, техническое перевооружение, концепция и стратегия развития, диверсификация производства.

В структуру НГМК входят пять основных градообразующих горно-металлургических предприятий (рудоуправлений), на их базе построены города Навои, Учкудук, Зарафшан, Нурабад, Зарафшад, Заркент. Все перечисленные города находятся на балансе комбината и связаны между собой железными и автомобильными дорогами, линиями электропередачи, включёнными в единую энергосистему республики, и имеют автономные системы жизнеобеспечения, включая централизованное тепло- и водоснабжение, современный жилищный фонд, объекты социальной сферы.

Гидрометаллургический завод № 2



© Санакулов К. С., 2018



Карьер «Мурунтау»

Центральное рудоуправление – самое крупное среди пяти рудоуправлений, входящих в структуру комбината, где свою производственную деятельность осуществляют около 30 подразделений основного и вспомогательного производства: гидрометаллургический завод № 2 (ГМЗ-2), рудник «Мурунтау», цех кучного выщелачивания золота, рудник «Ауминза-Амантай» и др.

Гидрометаллургический завод № 2 является одним из крупнейших в мире ГМЗ по переработке золотосодержащей руды и выпуску аффинажного золота. На заводе осуществляется полный цикл переработки руды – от дробления исходной руды до получения готовой продукции в виде слитков золота высшей пробы. За счет проводимого на постоянной основе комплекса мер по совершенствованию технологических процессов годовая производительность завода по переработке руды выросла по сравнению с 1991 г. в 2 раза. На заводе применяется схема аффинажа золота, позволяющая выпускать продукцию в виде слитков с гарантированной чистотой не менее 999,9, что соответствует стандарту London Good Delivery, принятым Лондонской ассоциацией рынка драгоценных металлов (LBMA).

Кроме того, внедрена технология попутного извлечения серебра, палладия, вольфрама, меди и других металлов. В цехе сорбции и регенерации действует узел выщелачивания золота из магнитной фракции (скрапа), а обеззолоченная фракция используется в дальнейшем в Производственном объединении «Навоийский машиностроительный завод», в частности, для отливки мельничных футеровок и производства чугуна в дуговой сталеплавильной печи.

В отделении регенерации внедрена технология, позволяющая значительно повысить концентрацию благородных металлов в товарных регенератах, направляемых на электролиз. В 2009 г. запущена в работу локальная сорбционная установка и внедрена технология извлечения золота из прудка хвостового хозяйства.

Специалистами НГМК накоплен большой опыт эксплуатации комбинированного автомобильного, конвейерного и железнодо-

рожного транспортирования горной массы. По объемам перемещения скальных пород и руд карьер «Мурунтау» занимает одно из ведущих положений в мире. С 2011 г. здесь успешно эксплуатируется не имеющий аналогов в мире комплекс ЦПТ-руда с крутонаклонным конвейером с высотой подъема горной массы 270 м, который позволяет транспортировать скальную горную массу из рабочей зоны карьера на поверхность с последующей перегрузкой в железнодорожный транспорт или на склад в штабель. Внедрение этой схемы позволило сократить расстояние транспортирования горной массы автомобильным транспортом в среднем на 3,5 км, затраты на транспортирование рудной массы снизились на 30 %. Уменьшилась загазованность в карьере.

Для управления качеством рудного потока в процессе погрузочно-транспортных работ в карьере «Мурунтау» реализуется автоматизированная система управления автотранспортом (АСУАТ), которая на основе современной спутниковой навигационной системы GPS в полном объеме решает задачи управления экскаваторно-автомобильным комплексом.

Безопасность горных работ в карьере «Мурунтау» обеспечивается предотвращением самопроизвольных оползней и обрушений бортов, уступов, отвалов и прорывов воды в выработанное пространство на основе разработанных мероприятий, уменьшающих воздействие перечисленных факторов на режим работы карьера, горнотранспортного оборудования и безопасность персонала. На постоянной основе проводят многовариантные расчеты устойчивости бортов карьера различными методами, в том числе и методом конечных элементов. Для расчета используют программные продукты, позволяющие учесть практически весь комплекс природных и технологических факторов, определяющих состояние устойчивости карьерных откосов в процессе строительства карьера с глубиной до 1000 м в рамках V очереди карьера.

В общем технологическом комплексе подготовки руды к переработке одно из главных мест занимают буровзрывные работы. От качества бурения и дробления горной массы при проведении

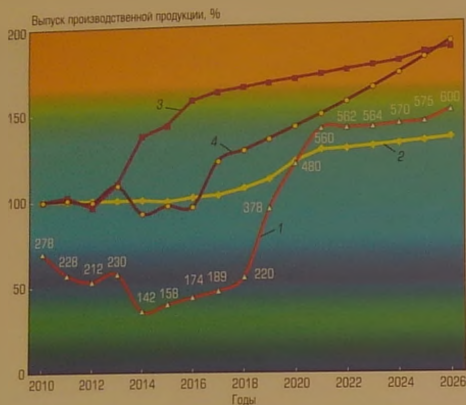


Рис. 1. Динамика инвестиций (1), млн долл. США, и рост производства золота (2), урана (3) и фосфоритов (4) на НГМК до 2026 г.

взрывов зависят последующие операции технологического цикла, связанные с экскавацией, погрузкой, транспортированием и переработкой, что в конечном итоге определяет общие затраты на энергоносители. Эта задача выполняется за счет применения змутьсионных взрывчатых веществ (ЗВВ) собственного производства (завод ЗВВ) с годовым выпуском более 80 тыс. т.

Завод производит и реализует патронированные ЗВВ типа NOBELIT 216Z четырех типоразмеров с диаметрами патронов 36, 38, 70, 90 мм и массой 0,6; 0,6; 2, 3 кг соответственно. В настоящее время в НГМК также реализован проект «Строительство завода ЗВВ для обеспечения подземных взрывных работ» (завод ЗВВ-2) производительностью 3000 т. В технологической линии применяется уникальная роторная машина патронирования с высокой производительностью и безопасностью исполнения.

Действующая на руднике «Мурунтау» Центральная лаборатория гамма-активационного анализа (ЦЛГАА) является уникальной и не имеет аналогов в мировой аналитической практике. В этой лаборатории на ускорителе ЛУЗ В-5А проводят экспресс-анализы на содержание золота, серебра и других металлов в геологических пробах для оперативного составления сортовых планов при разработке коренных месторождений и полноты отработки запасов. С целью повышения производительности по проведению анализов геологических проб и снижению порога определения содержания в них золота предусмотрено приобретение нового линейного ускорителя электронного УЭЛР-8-10А и автоматической дробильно-интерстиальной системы АСР-2200. Организация многоэлементного анализа геологических проб в ЦЛГАА требуют разработки и создания комплекса методик для определения серебра, иттрия, цезия, неодима, лантана, молибдена, вольфрама, рения, ванадия, урана и других редких, редкоземельных и радиоактивных металлов методом ГАА. Для разработки специальных методик (с утверждением их в Агентстве «Узстандарт») привлечены ученые

Института ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан (ИЯФ АН РУз). Для решения вопросов аппаратного и программного обеспечения планируется привлечение специалистов НПП «Корад» (Россия) и компании Rocklabs (Новая Зеландия).

Второе место по мощности и значению занимает Северное рудоуправление (СевРУ), которое дало начало развитию будущего Навоийского горно-металлургического комбината. В 1958 г. здесь началось промышленное освоение недр Центральных Кызылкумов. Район характеризовался отсутствием источников энергии, воды, дорог, людских ресурсов, тяжелыми климатическими условиями. Крупное месторождение Учкудук, открытое геологами Узбекистана в 1952 г., находилось вблизи трех колодезей древнего караванного пути, от которых оно и получило название.

Сегодня СевРУ имеет развитую инфраструктуру и осуществляет добычу и переработку золота и ураносодержащих руд, мрамора, гранита, строительных материалов, а также производство серной кислоты, товаров народного потребления.

Гидрометаллургический завод № 3 является одним из крупнейших в мире ГМЗ по переработке упорных золотосульфидных руд с использованием технологии биокисления. Здесь перерабатываются руды месторождений Кокпатав и Даугызтау. С целью снижения отрицательного воздействия тонкодисперсного золота и углистого вещества на процесс флотации разработана и внедрена схема межциклового флотации с последующим сгущением пульпы флотоконцентрата в сгустителе оригинальной конструкции. На заводе успешно внедрен разработанный специалистами НГМК способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд, содержащих углестые вещества. Суть способа заключается в нейтрализации мышьяка в процессе биокисления, цианирования биокека, окислительного обжига хвостов сорбционного цианирования.

Южное РУ является третьим по объему переработки сырья, в состав которого входят рудники по добыче и переработке золотосодержащих руд, участки подземного выщелачивания урана, производство поливинилхлоридных и полистиленовых изделий. Ускоренными темпами продолжается развитие Зармитанской золоторудной зоны за счет ввода в эксплуатацию рудников «Зармитан», «Гужумсай» и «Промежуточное» («Урталык»). На базе этой зоны успешно эксплуатируется ГМЗ-4, в котором осуществляется переработка руды с использованием технологии интенсивной гравитации и интенсивного выщелачивания золотосодержащего концентрата. В Маржанбулакском руднике эксплуатируется линия по переработке упорных сульфидных руд по гравитационно-флотационно-обжиговой схеме. Производимая трубным цехом Южного РУ продукция используется на геотехнологических рудниках НГМК для обсадки технологических скважин, а также для поверхностной обвязки добычных блоков. В настоящий момент на производстве освоено выпуск более 30 типоразмеров труб.

Рудоуправление № 5 – самое крупное предприятие комбината по добыче урана, оснащенное передовыми технологиями и мощной современной техникой. Рудоуправление включает четыре геотехнологических рудника подземного выщелачивания урана, в отработку вовлечены 17 месторождений.

Руководство «ГМЗ-1» появилось всего шесть лет назад на базе перерабатывающих мощностей ГМЗ-1. За этот короткий промежуток времени достигнуты значительные результаты. Благодаря техническому перевооружению и реконструкции действующих технологических переделов увеличилась переработка руды в 1,5 раза, куда вовлечены золотосодержащие руды месторождений Каракутан и Аристантау. Золотосодержащая руда перерабатывается по технологии прямого сорбционного цианирования с получением в виде готовой продукции насыщенной ионообменной смолы, которая направляется на ГМЗ-2 для дальнейшего извлечения благородных металлов и регенерации.

Кроме того, ГМЗ-1 является одним из крупнейших заводов в мире по производству аффинажно-чистой окиси-окси урана, получаемой при переработке химконцентратов рудников подземного выщелачивания по экстракционной технологии, с последующей твердофазной резкацией и прокалки. Завод также выпускает жидкий силикат натрия (жидкое стекло) по технологии прямого синтеза, железный технический купорос (в виде растворов и кристаллический), сульфат алюминия.

В целях снижения себестоимости на комбинате эффективно реализуется программа импортозамещения и локализации готовой продукции. По этой программе ПО «Навоийский машиностроительный завод» производит горношахтное и металлургическое оборудование, запасные части для машин и механизмов комбината, металлорежущие станки, нестандартное оборудование, бытовые машины и т. п. На заводе изготавливают ковши для различных марок экскаваторов САТ, освоено выпуск различных видов токарных, обдирочно-шлифовальных, токарно-винторезных станков для изготовления щелевых фильтров из труб (НПВХ, ПНД, НС-5). Налажен выпуск станков с современной системой ЧПУ модели HT-250M и фрезерных, изготавливаются футеровки мельницы ММС-90х30, зубья шнек зубчатых дробилок и вагонеток, отливка венцов поворота мельниц ММС и МШР. На данный момент завод выпускает более 12 тыс. видов различной продукции широкого потребления.

Особое место в структурном составе НГМК занимает Зарафшанское управление строительства. Силами зарафшанских строителей производятся все строительно-монтажные и ремонтные работы в подразделениях комбината; построены города в Узбекистане, объекты социально-бытового, культурного, спортивного назначения, грандиозный бизнес-центр в Ташкенте и иные уникальные предприятия и здания в других городах республики.

В целях дальнейшего наращивания производственных мощностей НГМК, руководствуясь Постановлениями Президента Республики Узбекистан, разработана и реализуется «Программа дополнительных мер увеличения производства драгоценных металлов по НГМК на период до 2026 года». Программа включает реализацию 27 инвестиционных проектов общей стоимостью более 3 млрд долл. США и освоение 32 новых перспективных месторождений. Программа предусматривает поэтапное инвестирование (капитальные вложения) и рост производственной продукции НГМК (рис. 1).



Рис. 2. Динамика переработки руды (1) и добычи горной массы (2) на НГМК

Реализация инвестиционных проектов позволит существенно нарастить объемы товарной продукции и создать более 30 тыс. новых рабочих мест.

При всей широте ассортимента выпускаемой продукции приоритетным направлением деятельности НГМК было и остается промышленное освоение недр, а основной продукцией — золото и уран. Доля золота в общем объеме производства составляет более 80 %, урана — около 10 %. За период с 1991 г. комбинатом обеспечен устойчивый рост объема горной массы и переработки руды (рис. 2). Выполнен большой объем строительно-монтажных работ по вводу и эксплуатации новых объектов по добыче и переработке золотосодержащих руд, техническому перевооружению и модернизации действующих горно-металлургических производств. Ведется непрерывный поиск и внедрение в производство новых и усовершенствованных технологий и технических решений, повышающих эффективность горных работ и переработки руды.

В инновационной деятельности комбината особое место уделяется поиску наиболее эффективных вариантов реализации проектов на основе всестороннего анализа исследуемого объекта с учетом возможных изменений в будущем. Не секрет, что внедрение современных инновационных технологий связано со значительными финансовыми вложениями, именно поэтому специалисты комбината особо тщательно анализируют, изучают и прорабатывают каждый новый проект, привлекая к этому процессу ученых Академии наук Узбекистана, специалистов ведущих проектных организаций, исследовательских институтов, вузов страны и иностранные компании.

Сегодня на НГМК работает более 60 тыс. человек, занятых в разных сферах производства промышленной продукции. Здесь живут и трудятся около 350 тыс. человек, благосостояние которых в той или иной мере связано с комбинатом. Средний возраст работников комбината составляет 37 лет. На комбинате работа-



Новый учебный корпус Навойского государственного горного института

ют представители более 45 национальностей, среди которых узбеки, казахи, русские, каракалпаки, татары, таджики и люди многих других национальностей.

Без целенаправленной кадровой политики невозможно решить задачи по наращиванию объемов и повышению эффективности производства. В соответствии с Национальной программой по подготовке кадров разработана и реализуется комплексная программа развития и эффективного использования персонала, обеспечения комбината специалистами высокой квалификации. В НГМК действует система постоянного мониторинга текущих и перспективных потребностей рынка труда в кадрах различной квалификации. Сформирован учебный научно-производственный комплекс упреждающей подготовки персонала.

Качественная система подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов и рабочих позволяет обеспечивать потребности всех звеньев предприятия в кадрах. В учебных центрах в течение года проходят обучение и повышают квалификацию более 10 тыс. трудящихся различных категорий, начиная от рабочих до руководителей. Как сообщает глава государства Узбекистан, в республике создана система непрерывного образования, позволяющая молодежи овладеть конкретной специальностью для того, чтобы реализовать себя, найти достойное место в обществе. Подготовка специалистов с высшим образованием для Навойского комбината осуществляется в вузах республики, а по отдельным, особо востребованным специальностям – в вузах ближнего и дальнего зарубежья. Подготовка специалистов со средним специальным профессиональным образованием проходит в трех учебных заведениях: Навойском, Зерафшанском и Учжудском. По 22 специальностям получают профессию почти 2,5 тыс. учащихся. Все колледжи оснащены современным учебно-лабораторным оборудованием, компьютерными и лингвистическими классами, мультимедийной аппаратурой, учебно-производственными мастерскими, позволяющими вести учебный процесс на высоком уровне.

На комбинате есть большие перспективы и возможности для профессионального роста молодых специалистов. Молодежь ак-

тивно участвует в научных исследованиях, разработке новых и высоких технологий, внедрении их в производство. Кроме того, ведется целенаправленная работа по получению молодыми рабочими и специалистами вторых и смежных профессий, по повышению их квалификации.

В Узбекистане утверждена «Программа комплексного развития системы высшего образования на период 2017–2021 годов» по качественному и кардинальному совершенствованию уровня высшего образования, модернизации и укреплению материально-технической базы высших образовательных учреждений, оснащению современными учебно-научными лабораториями, информационно-коммуникационными технологиями.

В Узбекистане полноценное воспитание и образование будущих квалифицированных кадров, отвечающих за выполнение поставленных задач, возложено в первую очередь на Навойский государственный горный институт (НГИ). С 2017 г. здесь открыто заочное отделение. Рассчитанный на 2000 студентов новый учебный корпус института, начавший работу с 2016 г., занимает 19 га. Здание оснащено лабораторным оборудованием для занятий по физике, электроэнергетике и автоматизации управления. На данный момент в институте есть факультеты по нескольким направлениям: горный, энергомеханический, химико-металлургический и общетехнический (в Зерафшане), в их составе действуют четыре кафедры.

Региональное отделение Академии наук Республики Узбекистан, которое создано согласно Постановлению главы государства «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Академии наук, организации, управления и финансирования научно-исследовательской деятельности» от 17 февраля 2017 г., специализируется на проведении фундаментальных, практических и инновационных научных исследований, направленных на технологическое и социальное развитие Навойского региона. В его составе действуют пять научных лабораторий.

Подготовка высококвалифицированных научно-педагогических кадров осуществляется через докторантуры, которые открыты в НГИ по следующим специальностям: 02.00.13 «Технология неорганических веществ и материалы на их основе»; 02.00.14 «Технология органических веществ и материалы на их основе»; 02.00.16 «Процессы и аппараты химических технологий и пищевых производств»; 04.00.10 «Геотехнология (открытая, подземная и строительная)»; 04.00.14 «Обогащение полезных ископаемых»; 05.01.08 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»; 05.01.02 «Системный анализ, управление и обработка информации»; 05.02.01 «Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных и цветных металлов».

Государственная аттестация высококвалифицированных специалистов и научно-педагогических кадров осуществляется через специализированный Совет (созданный НГИ и Ташкентским государственным техническим университетом имени Ислама Каримова) по присуждению ученых степеней DSc. 27.06.2017.T.06.01

доктора технических наук (DSc) и доктора философии (PhD) по следующим специальностям: 04.00.10 «Геотехнология (открытая, подземная и строительная)»; 04.00.14 «Обогащение полезных ископаемых» (по техническим наукам); 04.00.09 «Маркшейдерия» (по техническим наукам) — разовая с 2016 по 2018 г. через действующий Научный совет защитили диссертации три доктора философии по техническим направлениям и десять докторов технических наук.

Благодаря грамотному и своевременному решению возникающих задач и проблем, развитому интеллектуальному потенциалу специалистов комбината ежегодно удается добиваться не только стабильного функционирования производства, но и обеспечивать

устойчивые темпы его роста. Инновационный путь развития комбината, эффективность которого признана международными специалистами, — это также бесценный опыт, накопленный коллективом.

Благодаря всесторонней и постоянной поддержке Правительства и лично Президента Республики Узбекистан Ш. М. Мирзиёева, облададая высоким научным и кадровым потенциалом, богатым опытом преемственности поколений комбинат на пороге своего 60-летия уверенно смотрит в XXI в., являясь лидером в глубоком освоении минеральных ресурсов, наращивании объемов высоколиквидной продукции и интенсивного развития новых видов производства. ■

УДК 001.895.622.012+НГМК

ИННОВАЦИИ — ОСНОВНОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ



Н. П. СНИТКА,
главный инженер,
info@ngmk.uz
ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» Навоий, Узбекистан

Введение

В современных условиях формирование инновационной экономики, способной обеспечить устойчивый рост в XXI в., становится одним из основных стратегических приоритетов политики как развитых, так и развивающихся стран. Инновационная экономика выражает отношение государства к инновационной деятельности, определяет цели, направления и формы деятельности органов государственной власти для реализации достижений науки и техники. С другой стороны, инновационная политика государства представляет собой совокупность методов воздействия государства на производство с целью выпуска новых видов продукции и технологий, а также расширения рынков сбыта отечественных товаров.

Сырьевая модель развития уходит в прошлое и является уже вчерашним днем в контексте обеспечения устойчивого экономического роста страны. На первый план вышли знания, навыки, технологии, которые определяют развитие страны. Для Узбекистана, как и для многих стран, это вызов, который необходимо принять, чтобы занять достойное место в быстро меняющемся мире и обеспечить свое развитие на годы вперед.

Одной из важных задач современного этапа развития Узбекистана является формирование инновационной среды, в именно — особых социально-экономических, политических и нормативно-

Обоснованы этапы инновационного развития Навоийского ГМК, предусматривающие расширение производства, внедрение новейших технологий и оборудования, сохранение и преумножение интеллектуальной собственности.

Ключевые слова: Навоийский ГМК, современные технологии, высокопроизводительное оборудование, внедрение, интеллектуальная собственность

правовых условий, позволяющих эффективно создавать и внедрять инновации.

В Узбекистане имеется научная база, но остро стоит вопрос повышения результативности исследований и разработок. Важнейшей проблемой становится создание системы взаимодействия между государственной сферой образования, научно-исследовательскими институтами и производственными предприятиями, с целью подготовки высококвалифицированных кадров и специалистов, разработки новых технологий и проектов для широкого внедрения в производство.

В последние годы в Узбекистане на правительственном уровне принимают меры по улучшению инновационной среды, всесторонней поддержке Академии наук Узбекистана, вузов и научных центров по дальнейшему углублению интеграции науки, образования и производства. Предоставляют различные льготы и преференции предприятиям, внедряющим новые технологии, которые являются важным фактором для увеличения числа предприятий, вкладывающих инвестиции в науку.

С выходом Указа Президента Республики Узбекистан от 22 января 2018 г. № УП-5308 «О государственной программе по реализации стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития республики в «Год поддержки активного предпринимательства, инновационных идей и технологий» инновацион-

ная деятельность в республике получила дополнительный импульс. Идут позитивные преобразования по укреплению Национальной инновационной системы (НИС) Узбекистана, направленные на обеспечение поддержки инновационного и делового развития на всех его стадиях, начиная с научных исследований и разработок до производства и налаживания связей с мировыми рынками.

Программа инновационного развития НГМК

Современные условия деятельности НГМК и его развитие характеризуются ухудшением минерально-сырьевой базы, уменьшением содержания золота в рудах, ухудшением технологических свойств золотосодержащих руд, увеличением удаленности разрабатываемых месторождений от существующих коммуникаций. Все эти проблемы носят глобальный или общемировой характер, и решение этих проблем, дальнейшее развитие комбината невозможно без внедрения инновационных идей, современного оборудования и технологий.

С учетом этих особенностей и в рамках общенациональной политики на НГМК разработана программа инновационного развития до 2026 г., которая включает в себя 105 проектов и взаимосвязана с инвестиционными проектами, охватывающими основные направления и задачи (см. таблицу). Программе содержит комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленных на разработку и внедрение новых энергоэффективных и ресурсосберегающих современных технологий, соответствующих мировому уровню, а также на создание благоприятных условий для их практической реализации.

Для реализации этой программы НГМК обладает необходимым кадровым и научно-техническим потенциалом. Сегодня на комбинате трудятся более 10 тыс. человек с высшим образованием, из них 29 кандидатов наук и 6 докторов наук. В структуре НГМК функционируют Инновационный центр по внедрению новых технологий (Инновационный центр), Центральная научно-исследовательская лаборатория (ЦНИЛ), Центральное Конструкторское и Проектное бюро.

Инновационный центр НГМК формирует портфель заказов для инноваций и координирует работы по проведению опытно-промышленных испытаний разработанных технологий, организует выпуск опытной партии продукции и запуск серийного производства. Основной задачей Центра является создание действенных механизмов по стимулированию развития и внедрения в процессы комбината технических и технологических новшеств, результатов научно-исследовательских работ и инновационных проектов.

В каждом производственном подразделении есть заводские лаборатории. Все они имеют аккредитацию и укомплектованы высококвалифицированными специалистами. С целью повышения квалификации специалистов, занятых в сфере инновационной деятельности, комбинат ежегодно организует семинары-тренинги с привлечением специалистов из Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС), Агентства интеллектуальной собственности Узбекистана по вопросам правовой охраны ОИС,

коммерциализации и трансфера технологий объектов ОИС для укрепления инфраструктуры научно-исследовательских центров и развития инновационной деятельности НГМК.

В целях совершенствования механизма реализации инновационной программы НГМК приказом Генерального директора по комбинату утверждено Положение «О Фонде инновационной деятельности НГМК», которое предусматривает порядок формирования, управления и использования средств Фонда поддержки инновационной деятельности НГМК (Фонд). Источники формирования Фонда — часть амортизационных отчислений и чистой прибыли комбината; другие источники, не запрещенные законодательством. За счет Фонда осуществляется финансирование научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских работ (НИОКР), разработка и внедрение инновационных проектов в производственный процесс, стимулирование рационализаторской и изобретательской деятельности во всех структурных подразделениях комбината.

Использование в производстве изобретений работников комбината

За 60-летнюю историю НГМК (начиная с 1958 г.) специалисты комбината защитили и получили более 130 патентов и авторских свидетельств на изобретения от патентных ведомств Узбекистана, России, Швейцарии. Кроме этого, комбинатом получены свидетельства Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (АИС РУз) на товарные знаки НГМК и зарегистрированы в Государственном реестре товарных знаков Республики Узбекистан. В Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан зарегистрированы две программы для ЭВМ и база данных НГМК.

В разные годы из 130 изобретений более 52 (40 %) использовались в производственном процессе в подразделениях НГМК.

С выходом ряда Постановлений Президента Республики Узбекистан о дополнительных мерах по стимулированию внедрения инновационных проектов и технологий в производство, а также по повышению эффективности коммерциализации и использованию результатов научной, научно-технической и инновационной деятельности работа в этом направлении в НГМК получила мощный импульс. За последние десять лет, начиная с 2009 г., специалистами комбината в патентных ведомствах Узбекистана, России, Швейцарии запатентовано более 30 изобретений. Из них 16 (52 %) используют в производственном процессе, экономический эффект от внедрения за 2011–2018 гг. составил более 184 млрд сум (рис. 1).

Лабораторные и опытно-промышленные технологические испытания проводятся по десяти изобретениям. По чертежам трех изобретений в ПО «НМЗ» изготовлены опытные образцы, которые проходят тестовые испытания.

Впервые в истории горно-металлургической промышленности Республики Узбекистан сотрудниками НГМК в 2017 г. получена Золотая медаль Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) при ООН «За изобретательство». Золотая медаль присуждена за разработку и внедрение «Способа извлече-

Основные направления и задачи инновационного развития НГМК

Основные направления	Задачи и цели
Геологоразведочные работы	Применение современных методов оценки запасов полиметаллических ископаемых. Опережающее разведание минерально-сырьевой базы, обеспечивающее увеличение прироста промышленно-запасов полезных ископаемых. Внедрение передовых методов организации, технического и методического обеспечения геологоразведочных и добычных (урановое производство) работ.
Горные работы	Внедрение современных способов отработки недр комплексной и экономически рациональной выемки полезных ископаемых с учетом охраны окружающей среды и безопасности ведения работ. Модернизация горной техники. Снижение себестоимости продукции горного производства.
Переработка и обогащение	Производство золота. Внедрение современных технологий по увеличению извлечения золота. Модернизация технологического оборудования. Снижение удельных расходов материалов и реагентов. Урановое производство. Снижение удельного расхода реагентов. Модернизация технологического оборудования. Производство фосфоритов. Включение в переработку пылевых фракций производства Кыдыкжирского фосфоритного комплекса (КФК). Разработка технологии получения удобрений из пылевой части хвостохранилища КФК. Комплексная переработка золотосодержащих и урановых руд. Внедрение технологии переработки ураново-черносплавцевых руд. Внедрение технологии получения редких и редкоземельных металлов.
Транспорт	Снижение удельного расхода топлива за счет применения современных технологий. Снижение эксплуатационных расходов на содержание горнотранспортного оборудования. Внедрение единой системы логистики централизованных междугородных перевозок.
Машиностроение и металлургия	Внедрение современных технологий при производстве оборудования и запасных частей в ПО «Навинский машиностроительный завод» (НМЗ). Разработка и освоение в производстве новых видов материалов. Локализация технологического оборудования и запасных частей.
Энергетика	Внедрение энергосберегающих технологий в области энергетики. Внедрение современных технологий очистки питьевой воды на производствах комбината. Внедрение фотоэлектрических станций и гелиоустановок как возобновляемых источников энергии (ВИЭ).
Автоматизация и ИКТ	Комплексная автоматизация управления ресурсами и основными производственными процессами. Комплексная автоматизация ЖХХ НГМК. Автоматизация технологических процессов производства, систем управления с применением современных технологий.
Охрана труда и промышленная безопасность	Обеспечение безопасных условий труда. Своевременный анализ и прогнозирование, выработка мер по предупреждению возможных аварий и инцидентов на опасных производственных объектах НГМК.
Экология и охрана окружающей среды	Снижение негативного воздействия производства комбината на окружающую среду.
Медицина	Создание банка ДНК для персонализированного подхода к профилактике здоровья сотрудников НГМК.
Сельское хозяйство	Дальнейшее внедрение технологии производства биогаза. Внедрение технологии гидропоники при производстве зерновых кормов для скота.

ния золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд (патент № IAP 05134 от 17.11.2015 г.).

Использование изобретения позволило существенно увеличить выпуск металла на гидрометаллургическом заводе № 3 (ГМЗ-3). Суть изобретения заключается в следующем. На начальном этапе окисление флотоконцентрата осуществляется по схеме биоокисления, при котором вскрывается сульфидное золото, значительная часть мышьяка растворяется и затем переводится в твердое состояние в виде нерастворимого скородита (FeAsO_4). Затем продукт биоокисления с низким содержанием мышьяка подвергается окислительному обжигу, при котором вскрывается золото, связанное с углеродистым веществом, окис-

ляется оставшаяся сульфидная сера, уничтожаются метаболиты микроорганизмов. Далее продукт окислительного обжига направляют на сорбционное цианирование золота. Данная технология была испытана на продуктах ГМЗ-3.

В настоящее время в рамках реализации инвестиционного проекта «Усовершенствование технологии извлечения золота из упорных руд месторождений «Кокпатас» и «Дауытстау» этот способ внедряется в промышленном масштабе, с современной системой автоматизации и пылегазоочистки. На этой установке предусматривается переработка хвостов сорбционного цианирования, флотации, ступенчатого контура оборотной воды цеха биоокисления.

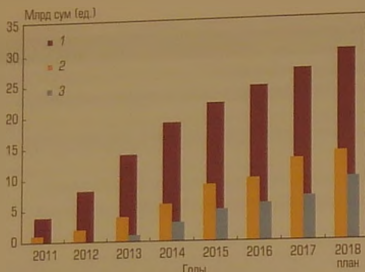


Рис. 1. Статистические данные по изобретениям на НГМК:
1 – экономический эффект от использования изобретений, млрд сум; 2 – число внедренных изобретений, ед.; 3 – число изобретений, находящихся в опытно-испытании, ед.

Внедрение промышленного образца (патент № FAP00989 «Устройство для транспортирования скальной горной массы из карьера», КНК-270) на карьере «Мурунтау» только в 2017 г. позволило сократить расстояние транспортирования горной массы автомобильным транспортом на 4,5 км, высоту подъема – на 285–320 м. Фактический экономический эффект от использования КНК-270 составил более 65,3 млрд сум.

В различных переделах гидрометаллургических заводов НГМК успешно используются радиальные сгустители (зпатентованные изобретения IAP № 04611, FAP01012, SU 1393448). Разработаны и используют промышленные и серийные образцы, конструкции, способы сгущения руд с высоким содержанием глинистых минералов, углеродистых веществ, первичных шлам, характеризующихся трудной (медленной) сгущаемостью пульпы.

Успешно используют в промышленных масштабах способы (патент RU2215584) радиометрического обогащения руд сульфидных месторождений, основанные на рентгенорадиометрической сепарации (посамосвальная и покусковой) в корреляции золота с мышьяком. Изучены и установлены физические признаки разделения и разработаны эффективные алгоритмы классификации руд по сортам содержания золота на основе косвенных разделительных признаков.

Разработан автоматизированный программно-управляемый комплекс посамосвальной сортировки руд. Внедрение посамосвальной сортировки золотосодержащих руд месторождения Кокпаташ позволило увеличить содержание золота в руде, поставляемой на ГМЗ-3, на 10 % за счет выделения из добываемых забалансовых руд обогащенного продукта и отбавки из балансовых руд порций практически безрудной (порудной) массы. За период с 2009 по 2018 г. из общего добываемого потока рудной массы, через рудоконтрольные станции (РКС) прошло более 20 млн т рудной массы, из которой отсортировано 10 млн т товарной руды для ГМЗ-3.

Эффективная технология посамосвальной радиометрической сортировки (предварительного обогащения) сравнительно бедных

фосфоритовых руд функционирует на Кызылкумском фосфоритном комплексе. С 1998 г. методом радиометрического крупнопорционного (посамосвального) опробования фосфоритовых руд на содержание P_2O_5 (фосфорного ангидрита) с помощью РКС было отсортировано свыше 20 млн т фосфоритовой руды. Также решается задача селективного складирования фосфоритовой руды по технологическим классам содержаний. Более 6 млн т минерализованной массы было отсортировано на сектора с хранением их для будущих периодов.

В Рудуправлении (РВ) № 5 успешно используется изобретение (патент № IAP04950) – устройство для окисления рудного пласта, представляющее собой пакер, обеспечивающий возможность подачи сжатого воздуха в скважину при давлении 1–5 МПа (10–50 атм), который можно смонтировать в скважинах, обсаженных трубами ПВХ с внутренним диаметром ≤ 74 мм. Применение устройства позволило обеспечить возможность окисления рудных пластов с высоким напором подземных вод на кровлю и вовлечь в отработку ряд ранее не эксплуатируемых месторождений урана.

Внедрение изобретения (IAP № 04444) «Способ создания противодиффузионного и противорадиационного экрана» позволило снизить воздействие радиации на окружающую среду и водной фазы хвостовой пульпы – на подземную гидросферу региона. В способе предусмотрено постоянное нанесение на поверхность радиоактивных отходов хвостов гидрометаллургической переработки золотосодержащих руд определенного гранулометрического состава и подсушивание каждого слоя до естественной влажности. Для создания экрана используют пульпу гидрометаллургической переработки золотосодержащих руд, содержащую 15–25 % песчаных частиц крупностью более 0,05 мм, 50–75 % пылеватоглинистых частиц крупностью 0,005–0,05 мм и 5–25 % глинистых частиц крупностью менее 0,005 мм. Созданный защитный экран удовлетворяет требованиям санитарных правил ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП-ЛКП-98) и СанПиН № 0079-986, достигнутые значения коэффициентов фильтрации соответствуют требованиям РТМ 8-54-87 и КМК 1.03.05-97.

Рационализаторская деятельность на комбинате

На комбинате разработаны и действуют нормативно-правовые документы и комплексные меры по развитию и стимулированию рационализаторской деятельности, программы по развитию технического творчества одаренной молодежи. За 2010–2018 гг. специалистами комбината рассмотрены более 440 рационализаторских предложений, из них принято 147, экономический эффект от внедрения составил более 29,4 млрд сум (рис. 2). Только за истекший 2017 г. НГМК сэкономил 6,9 млрд сум благодаря внедрениям.

Если рассмотреть одно из рационализаторских предложений – «Конструктивное изменение тяги соединения ковша с рукоятью экскаватора ЭКГ-20К» на руднике «Мурунтау», то станет ясно, что его внедрение на производстве – это путь к экономии энергозатрат.

сурсов и товарно-материальных ценностей. Экскаваторы ЗКГ-20К предназначены для погрузки горных пород в транспортные средства на карьерах. Они введены в эксплуатацию с апреля 2014 г. В процессе работы были выявлены некоторые недоработки в конструкции ковша, которые приводили к интенсивному износу передней стенки и зубьев на ковше, снижению срока эксплуатации.

Вследствие этого увеличивались простои экскаваторов ЗКГ-20К, и происходил преждевременный износ узлов и механизмов напора, напорной оси, седлового подшипника и зубьев ковша. Конструкция ковша не позволяла полностью использовать рыхление и зачистку подошвы экскаватора согласно проекту, так как с общим выдогом балки рукоятки на 7800–8000 мм при черпании полезная работа торцевой (режущей) части зубьев позволяла рыхлить подошву экскаватора на 4200–4300 мм. С расстояния 3500–3700 мм подвергались преждевременному износу передняя стенка ковша и зубья ковша. Для увеличения срока службы, уменьшения износа зубьев и передней стенки ковша авторами предложено ввести изменения в конструкцию тяги соединения ковша с рукоятью, что позволило изменить угол расположения ковша по оси балки рукоятки. Предложенное изменение конструкции позволило увеличить срок службы ковша и зубьев.

Использование рационализаторского предложения по увеличению извлечения золота с упорной руды участка РЗШ-5 месторождения Каракутан РУ «ГМЗ-1» предусматривает технологию переработки руд по схеме интенсивного сорбционного выщелачивания с включением в технологическую схему процесса предварительной пассивации угля керосином. В результате внедрения рационального прирост выпуска металла составил 5,4 % в сравнении с базовой схемой переработки руды в рудоуправлении.

Сотрудничество с научными организациями

При построении инновационной системы на НГМК используются элементы модели открытых инноваций. Данная модель предполагает активное вовлечение сторонних организаций к проведению исследований и разработке инновационной продукции. В инновационной деятельности комбината особое место уделяется поиску наиболее эффективных вариантов реализации проектов на основе всестороннего анализа исследуемого объекта с учетом возможных изменений в будущем. Не секрет, что внедрение современных инновационных технологий связано со значительными финансовыми вложениями, именно поэтому на Научно-техническом совете НГМК каждый инновационный проект тщательно анализируют, изучают и прорабатывают, привлекая к этому процессу ученых, высококвалифицированных специалистов ведущих проектных организаций, исследовательских институтов, вузов страны и иностранных компаний.

Комбинат успешно сотрудничает с отечественными научными организациями: Научно-исследовательским институтом минерального сырья (НИИМР), Институтом микробиологии, Ташкентским государственным техническим университетом (ТашТУ), Национальным университетом Узбекистана, Навоийским государственным горным институтом (НГИ), Учебно-экспериментальным центром высоких технологий, «УзГЕОРАНГМЕТЛИТИ», Институтом

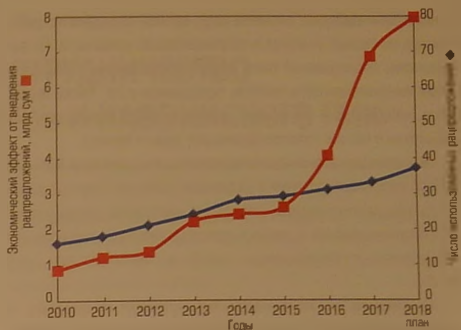


Рис. 2. Статистические данные по рационализаторским предложениям на НГМК



Рис. 3. Статистические данные по привлечению институтов Академии наук, вузов и научных центров Республики Узбекистан для решения научно-технических проблем НГМК

ядерной физики (ИЯФ), геологии и геофизики (ИГИГ), Академии наук Узбекистана и др. (рис. 3)

Совместно с учеными изучается возможность экспресс-анализа на содержание золота, серебра и других элементов, редкоземельных и радиоактивных металлов в геологических пробах для оперативного составления сортовых планов для полноты отработки запасов месторождений. Для этих целей разрабатывают стандартные образцы предприятия (СОП) для использования в качестве эталонов для проведения гамма-активационного анализа, которые позволяют значительно улучшить качество и достоверность результатов анализа геологических проб, проводимых в Центральной лаборатории гамма-активационного анализа, а также осуществление внутреннего, внешнего и арбитражного контроля в физико-химических лабораториях комбината, согласно требованиям Государственных стандартов.

Ранее на территории РУ «ГМЗ-1» (Навои) сотрудники лаборатории активационного анализа ИЯФ проводили территориальную интерпретацию экологической обстановки. В качестве исходных

данных были выбраны: питьевая вода, волосы сотрудников, работающих на разных участках и подразделениях комбината. По результатам исследований была создана база данных с содержанием микроэлементов в волосах сотрудников и пр. Также проводили лабораторные испытания устройства «СБЧ-кавитация» для обработки в потоке золотосодержащей руды и пульпы.

В настоящее время на исследовательском реакторе ВВР-СМ (ИЯФ) ведут исследования в различных областях ядерной физики, активационного анализа, облучения минералов, радиационного материаловедения, а также в производстве радиоизотопов для медицинских и промышленных целей, в том числе для нужд НГМК.

С учеными НГГИ проводят исследования химических и физико-химических процессов при бактериальном окислении флотоконцентрата в реакторах биоокисления ГМЗ-3. По результатам исследований изучены закономерности влияния параметров (рН среды, содержание золота в растворе, продолжительность и др.) процесса бактериального окисления флотоконцентрата в реакторах биоокисления. Исследованы качественные и количественные характеристики появления новых промежуточных неорганических и органических соединений, характер и состав кислотных смесей, приводящих к растворению минералов и благородных металлов при бактериальном окислении флотоконцентрата.

Совместно со специалистами и учеными НИИМП проведены исследования по анализу состава горных пород, руд и продуктов их технологической переработки, в том числе, и по определению микробиологического состава, форм нахождения ценных компонентов в различных пределах гидрометаллургических производств, с помощью электронного микроскопа с разрешающей способностью до 1000 нм.

В последние годы с привлечением сотрудников НИИМП и ИГИ на комбинате выполнены значительные объемы минералогических, микроскопных, рентгенофазовых, масс-спектрометрических, микрозондовых, электронно-микроскопных исследований золотосодержащих руд месторождений НГМК и продуктов их переработки.

Комбинат также успешно сотрудничает с ведущими зарубежными компаниями Outotec (Финляндия), АО «ВНИПИПромтехнологии», ОАО «ВНИИХТ», НПО «РИБС», ВНИМИ, АО «Иргиредмет» (Россия), Integra-Group (США), Engineering Dobersek GmbH (Германия).

Совместно со специалистами АО «ВНИПИПромтехнологии» и Integra-Group разработана концепция по обеспечению сырьевой базы ГМЗ-2 и дальнейшему освоению месторождений Мурунтау–Мютенбай. Технические решения, изложенные в концепции, предусматривают обоснование кондиций для открытого способа отработки. Количество балансовой руды по категориям C_1 и C_2 на месторождениях Мурунтау и Мютенбай обеспечит стабильное функционирование Зарафшанского золотодобывающего комплекса, согласно разработанной концепции стратегия развития карьера в границах V очереди охватывает период до 2074 г., прогноз VI очереди охватывает 2075–2136 гг.

Совместно с Уральским филиалом ВНИМИ (Екатеринбург, Россия) решаются геомеханические проблемы при разработке месторождений Чармита, Гужумсай и Мурунтау. Выявлены особенности проявлений процессов сдвигания горных пород и установлены основные факторы, обуславливающие развитие процесса. Проведена оценка напряженного состояния породного массива, разработаны меры по снижению напряжений и удорожайности массива, предложены параметры систем разработки.

Совместно с компанией Outotec проходят исследования продуктов переработки золотосодержащих руд, подвергающихся стучению: слива гидроциклонов, флотоконцентрата, отмытого биосека, продукта нейтрализации слива противоточной декантации и хвостов флотации. По результатам проведенных исследований предложены варианты реконструкции существующих стучителей для повышения их производительности и даны предложения по выбору типоразмеров стучителей для строящихся предприятий, а также рекомендовано внедрение систем автоматического приготовления и дозирования флокулянтов для минимизации их расходов.

В сотрудничестве с АО «Иргиредмет» выполняется значительный объем научно-исследовательских работ. Так, в 2017 г. разработана технология переработки техногенных отходов – хвостов кучного выщелачивания и выпущен технологический регламент, который стал основой разработки проекта строительства предприятия по переработке этих отходов.

В 2018 г. проведен комплекс лабораторных исследований и полупромышленных испытаний по разработке гидрометаллургических технологий извлечения золота из продуктов переработки строящегося ГМЗ-5. Так, на основании выполненных исследований разработаны технологические регламенты на переработку окисленных руд, хвостов флотации и огарков окислительного обжига флотоконцентрата ГМЗ-5. Для переработки указанных продуктов предложена угольно-сорбционная технология с последующей высокотемпературной десорбцией и электролизом с получением сплава Доре. Также разработана технология сорбционного извлечения золота из огарков окислительного обжига хвостов сорбции продуктов биоокисления на ГМЗ-3. Особенностью разработанной технологии является то, что для реализации схемы предложена реконструкция существующего технологического оборудования отделения сорбции ГМЗ-3, что, несомненно, является инновацией.

Кроме того, проведены лабораторные исследования по разработке оптимальных режимов переработки руд месторождения Мютенбай в условиях ГМЗ-2.

В целом, располагая большим пакетом уникальных технологий, обладая золотым фондом кадров – профессионалов высокой квалификации, Новойский горно-металлургический комбинат стал инновационным кластером, вокруг которого сформировался крупный экономический регион. В него, помимо НГМК, вошли такие оснащенные по последнему слову техники гиганты, как, АО «NovoUzgot», СП АО «Электрохимзавод», АО «Кызылкумцемент», АО Новойская ТЭС и другие региональные производственные, научно-исследовательские и образовательные организации. **□**

УДК 621.039

ДОЛГОЛЕТНЕЕ И ПЛОДОТВОРНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АН РУз И НАВОИЙСКОГО ГМК



Б. И. КУРБАНОВ,
зав. лабораторией
экологии и биотехнологии,
канд. техн. наук,
b.kurbanov@ipr.uz,
Институт ядерной физики АН РУз,
Ташкент, Узбекистан



А. М. МУЗАФАРОВ,
главный инженер Центральной
научно-исследовательской
лаборатории (ЦНИЛ),
ГП «Навоийский горно-металлургический
комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

В Постановлении Президента РУз по стратегическому развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы (№ УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан») особое место уделено горно-металлургическому комплексу страны, где производятся основные виды экспортируемой продукции, являющиеся главными источниками валютных поступлений в республику. На государственном предприятии «Навоийский ГМК» ежегодно перерабатываются десятки миллионов тонн золотосодержащих, урансодержащих и других руд. Экономическая эффективность технологий переработки руд и качество готовой продукции напрямую зависят от уровня применяемых аналитических методов и технического оснащения производства. Путем интеграции научного потенциала и производственных мощностей можно идти далеко вперед и в науке, и в промышленности.

Фундамент подобных стратегий развития был заложен еще в восьмидесяти годах прошлого столетия. Вот уже около 50 лет НГМК сотрудничает с Академией наук Узбекистана в различных сферах деятельности: геологии, геохимии, геофизики, технологии, аналитики и охраны окружающей среды [1–5]. Наиболее плодотворно развивается сотрудничество с Институтом ядерной физики (ИЯФ) АН РУз.

Начало сотрудничества ИЯФ АН РУз и НГМК

Сотрудниками ИЯФ АН РУз (А. А. Абдуллаев, 1970–1978 гг.) проведены научно-исследовательские работы по оценке движения подземных вод в реальных условиях Узбекистана. Для прак-

Приведены результаты научных исследований, проведенных Институтом ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан (ИЯФ АН РУз) совместно с Навоийским горно-металлургическим комбинатом (НГМК).

Ключевые слова: сотрудничество, научные исследования, ядерно-физические методы, рудоподготовка, обогащение руд, извлечение золота и урана, охрана окружающей среды, мониторинг здоровья.

тического внедрения академических разработок в 1978 г. была организована базовая лаборатория ИЯФ АН РУз в г. Зарафшане. Коллектив лаборатории вел большую работу по изучению экспрессных методов анализа технологических продуктов, принимал участие во многих исследованиях, проводимых на гидрометаллургическом заводе № 2 (ГМЗ-2) по вопросам оптимизации технологического процесса. В деятельности лаборатории, которая функционировала до 1988 г., принимали активное участие С. А. Бакиев, Ж. Рахманов, А. А. Куракбаев, Л. А. Куранова и другие сотрудники ИЯФ АН РУз.

В лаборатории также исследовано химическое поведение селена, вольфрама и палладия в процессе извлечения золота на ГМЗ-2 (А. Г. Ганиев, А. А. Кист и С. А. Бакиев).

Совместная лаборатория ядерно-физических методов исследований

Для ускоренного внедрения достижений науки в производство и привлечения ученых Узбекистана в производственную деятельность НГМК в 1983 г. была создана совместная лаборатория ядерно-физических методов исследований (ЛЯФМИ) ИЯФ АН РУз и НГМК под руководством доктора техн. наук Г. С. Саттарова. Общими усилиями института и комбината лаборатория превратилась в мощный ядерно-физический центр. В организации, становлении и эффективном функционировании лаборатории большую роль сыграли руководители и специалисты НГМК (В. Е. Латышев, А. В. Симков, О. Н. Мальгин) и ИЯФ АН РУз (П. К. Хабибуллаев, Б. С. Юлдашев, А. А. Кист).

Лаборатория успешно работала до 1999 г. В 2000 г. она была реорганизована, и на ее базе создано Бюро специальных методов исследования (БСМИ) при ЦНИЛ комбината.

Направления деятельности лаборатории схематически показаны на рисунке

Определение

- концентрации тяжелых элементов в почвах, растениях, воде и воздухе;
- формы нахождения элементов в природных и сточных водах;
- фракционного состава микро-взвесей в воздухе (аэрозоли, парниковая фаза)

Исследования техногенного влияния сточков промышленных предприятий на окружающую среду

Диагностика заболеваний по концентрации микроэлементов в волосах пациентов

ISSN 0017-2278 ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ, 2018, № 9

элементов (парные корреляции типа Au–As, Au–Fe, Au–Sb, Fe–S и тройные корреляции типа: Au–As–Sb, Au–As–S и др.) в различных сульфидных рудах Узбекистана. Найдены корреляционные связи на содержание Au, As и Sb между растениями и почвой в образцах, отобранных в районе золоторудных месторождений Узбекистана, что позволяет делать заключение о возможности биогеохимического поиска рудных месторождений.

В ИЯФ АН РУз изготавливаются для различных отраслей экономики Узбекистана, в том числе для НГМК, радиоизотопные приборы: плотномеры, уровнемеры, концентратомеры и др. Их применяют, в частности, для контроля технологических процессов.

Контроль технологических процессов переработки и извлечения золота и урана

В горно-металлургической промышленности Узбекистана запасы благородных и редких металлов (золота, серебра, платины, рения, палладия и др.) находятся в основном в сульфидных рудах. Наиболее эффективную переработку этих руд возможно осуществлять только при наличии оперативных способов и приборов для контроля главных технологических параметров. Имея способ экспрессного контроля концентрации серы и металлов, с точностью, удовлетворяющей производственным требованиям, будет возможно эффективно управлять технологическим процессом обогащения золотосодержащих руд. В этих целях были проведены исследования, в ходе которых создана экспериментальная установка (на основе радионуклидного ^{252}Cf -источника нейтронов) и разработана методика экспрессного определения технологически важных элементов и влажности в исходном сырье и продуктах переработки золотосодержащих руд. На основе данной установки и указанной методики разработан способ контроля флотационного обогащения сульфидных золотосодержащих руд, использованный в производственных условиях НГМК. Способ основан на экспрессном определении содержания серы в исходной руде, флотоконцентрате и хвостовой пульпе по измерению мгновенного γ -излучения, образующегося при радиационном захвате нейтронов. Предел определения содержания серы составлял 0,1 % за время 10 мин с момента отбора проб из производства.

Высокую эффективность в производстве показал метод оперативного контроля процесса сорбции золота. Он основан на экспрессном определении содержания золота в сухой и набухшей ионообменной смоле с помощью РФЗДА с использованием сцинтилляционных детекторов по K_α -серии золота (прибор АСМ-1). Для контроля процесса регенерации смол используют приборы, основанные на РФЗДА примесных элементов (железа, меди, кобальта, никеля и др.), с использованием полупроводниковых детекторов в сочетании с термохолодильниками.

Аналогичный метод разработан и по урану; метод основан на определении содержания урана в ионообменной смоле путем гамма-абсорбции. Метод позволяет определить содержание урана в интервале 1–70 мг/г с производительностью 70–80 проб в смену. В качестве источника первичного излучения использовали Am^{241} и Co^{60} . Для оперативного контроля процесса экстракционно-реэкстракции урана также применяли метод гамма-абсорбции.

С целью получения сернокислого железа или пигмента для лакокраски, с одновременным выходом золотосодержащего хека при процессе переработки магнитной фракции, разработан способ контроля технологического процесса, основанный на экспрессном определении содержания Fe, S, Au методом нейтронной активации с использованием ампульных источников нейтронов.

В ИЯФ АН РУз разработан метод фиксации времени нахождения продуктов в технологических аппаратах. Метод заключается в выборе оптимального радионуклида в качестве метки с учетом ядерно-физических характеристик и химического поведения «радиометки» в конкретных технологических условиях, подготовке «меченой» пробы к исследованию и изучению времени нахождения продуктов в аппаратах путем измерения наведенной активности изотопа радиометрическими приборами.

Для оценки времени нахождения смол (АМФ, АМ-2Б и их аналогов) наиболее удобным является использование радионуклида Re^{186} с периодом полураспада 3 дня. Для определения времени нахождения пульпы в процессе сорбционного выщелачивания урана и золота лучше всего использовать радионуклиды Cs^{137} и Fe^{59} с периодом полураспада 27,8 и 45,6 дней соответственно. Для определения коэффициента продольного перемещения песков в пульсационных колоннах наиболее приемлем радионуклид Sc^{46} . Метод опробован и использовался для определения времени нахождения смолы, пульпы на ГМЗ-1, ГМЗ-2 и для определения коэффициента продольного перемещения песков в пульсационной колонне ГМЗ-1.

Успешно применяется методика определения изотопного состава урана методом альфа-спектрометрии для контроля технологического процесса получения закиси-окиси урана, соответствующей техническим условиям.

Попутное извлечение полезных компонентов

Разработана промышленная схема попутного экстракционно-го извлечения рения из урансодержащих растворов, действующая в течение 1984–1994 гг. В связи с остановкой переработки урановых руд, а также из-за снижения содержания рения в растворах подземного выщелачивания схема была приостановлена.

К числу разработок в данном направлении относится высокоэффективный способ извлечения рения из различных сернокислых и смешанных серноазотнокислых растворов, содержащих уран, молибден, медь и др. Оценена возможность и целесообразность получения аммофоса и диаммофоса с низким содержанием балластных примесей из Джерой-Сардаринских фосфоритов и утилизации балластных примесей с одновременным получением концентратов, содержащих кремний, фтор, уран и редкоземельные элементы. Оценены агрохимические возможности удобрений, полученных для выращивания хлопчатника и бахчевых культур.

Экология, охрана окружающей среды

Для определения концентрации тяжелых элементов в почве, растениях, воде и воздухе применяли метод нейтронно-активационного анализа (НАА) с использованием реактора ВВР-СМ.

Достоинством метода является возможность определения малых и ультрамалых концентраций тяжелых элементов в различных природных объектах.

Проведено исследование по изучению корреляционной связи элементов в почве, растениях, воздухе в городах со специфическим производством. Исследована возможность изучения техногенного влияния ГМЗ-2 на почвенный слой вокруг предприятия. Разработана методика определения валового содержания 30 элементов в почве с использованием нейтронного активационного анализа, которая позволила выявить элементы индикаторов техногенного (As, Ag, Sb, W, Au), промежуточного (скопление лавных минералов, например, Mo, Ba, Hg) и природного (Sc, Fe, Co, Ni, Rb, Cs, P33, Hf, Th, U) происхождений. Найден коэффициент обогащения 22 элементов в почве и составлена карта их распределения в районе ГМЗ-2. Оценено влияние карьера «Мурунтау» на окружающую среду.

Для оценки миграции элементов в подземных водах в районе хвостохранилища изучена анионная, катионная, нейтральная и коллоидная формы нахождения элементов с помощью электродиализа с использованием ядерных фильтров. Для контроля величины форм нахождения золота и железа применяли ионообменные способы с использованием смол типа АМ-26 и КУ-2. Исследование форм нахождения элементов позволяет сделать заключение, что ряд элементов, например золото, сурьма, хром, могут служить индикаторами-мигрантами при изучении техногенного влияния хвостохранилища на окружающую среду. Проведенные исследования показали, что в катионной форме находятся Fe, Se, Eu, в анион-катионной форме – Cr, в анион-нейтральной форме – Se, Ag, Sb, Au; в катион-нейтральной форме – Sc, Cr, Co, Zn.

Ядерно-физический способ мониторинга здоровья сотрудников НГМК

Изменение содержания различных элементов и их соотношение в волосах человека находится в непосредственной связи с жизнедеятельностью организма и является устойчивым индикатором ее нарушений. Анализ позволяет провести оценку сбалансированности элементного и связанных с ним обменных процессов, определить на его основе состояние отдельных органов и систем организма, воздействие на него различных факторов внешней и внутренней среды, а также возможные пути коррекции выявленных нарушений. Проведен анализ волос более 1500 сотрудников комбината, проживающих в пяти городах республики (За-

арабад, Учкудук, Зарафшан, Навои и Нурабад) на содержание 22 элементов.

Изучено изменение содержания элементов в волосах работников в зависимости от условий труда, стажа, возраста и состояния здоровья. Высокая степень достоверности результатов исследования наблюдается при выявлении онкологических, почечных, неврологических, сердечно-сосудистых заболеваний, анемии, гипертонии, диабета и заболеваний щитовидной железы. Предложенный способ можно использовать как дополнительный инструмент при ежегодном медицинском осмотре работников промышленных предприятий.

Перспективы совместных исследований ИЯФ АН РУз и НГМК

На 2018–2021 гг. намечено выполнение следующих совместных работ:

- участие в модернизации установки гамма-активационного анализа Центральной лаборатории гамма-активационного анализа рудника «Мурунтау» НГМК с целью разработки методик многоэлементного гамма-активационного анализа промышленно ценных элементов (серебра, редких и редкоземельных металлов) в геологических пробах, рудах и технологических продуктах переработки руд по гамма-излучению метастабильных состояний атомных ядер;
- усовершенствование и регулярное применение ядерно-физического способа мониторинга здоровья сотрудников НГМК, основанного на нейтронно-активационном определении элементного статуса человека и элементного состава среды обитания работников (условия на производстве, питьевое водоснабжение и т. д.);
- разработка и внедрение методики радиационного упрочнения алмазов буровых инструментов на уникальной гамма-установке ИЯФ АН РУз; предусмотрены и другие направления исследований, ориентированных на ускоренное развитие горно-металлургической промышленности и прикладных наук в Республике Узбекистан.

Заключение

Долголетнее и плодотворное сотрудничество Института ядерной физики АН РУз и Навоийского горно-металлургического комбината является наглядным примером успешного взаимодействия академической науки и производства в решении актуальных технологических и социальных проблем промышленных предприятий Республики Узбекистан.

Библиографический список

1. Соногулов К. С., Маджидов Ш. А., Валиев М. В. Проблемы развития инновационной деятельности Навоийского горно-металлургического комбината – бухара. Изд-во «Бухоро», 2011. – 404 с.
2. Соногулов К. С., Эрматов У. А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. – Ташкент: ГП «НИИМР», 2014. – 298 с.
3. Музафаров А. М., Саттаров Г. С., Хисм А. А. Нейтронно-активационный анализ золота и сопутствующих элементов в технологических продуктах с использованием ^{252}Cf -источника нейтронов // Горный вестник Узбекистана. 2007. № 2(29). С. 92–95.
4. Соногулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент: Фан, 2009. – 432 с.
5. Музафаров А. М., Саттаров Г. С., Хисм А. А. Опыт применения ядерно-физических методов в горно-металлургическом производстве // Горный вестник Узбекистана. 2015. № 1(60). С. 120–124. [\[1\]](#)

УДК 622.7.622.342.1

СОТРУДНИЧЕСТВО ИНСТИТУТА «ИРГИРЕДМЕТ» И НАВОЙСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА



В. Е. ДЕМЕНТЬЕВ,
генеральный директор,
канд. техн. наук,
gold@irgridmet.ru



В. М. МУЛЛОВ,
ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук

АО «Иргиредмет», Иркутск, Россия

С середины прошлого века Иргиредмет является участником и свидетелем становления золотодобывающей промышленности Узбекистана. В институте изучали руды различных месторождений Узбекистана: Мурунтау, Чармитан, Маржанбулак, Кокплатас и др. По результатам исследований были рекомендованы технологии их переработки.

Опыт освоения ионообменной технологии на Навоийском горно-металлургическом комбинате (НГМК) и испытаний, проводимых совместно институтами ВНИИХТ и Иргиредмет, был успешно использован в Советском Союзе для реконструкции нескольких обогатительных фабрик (Нижекурунхской, им. Матросова, Советской и др.) и строительства новых золотодобывающих предприятий на ряде месторождений (Карамкенском, Многовершинном, Кочкарском и др.).

После образования СНГ отношения между НГМК и Иргиредметом возобновились, в результате чего в 2009 г. был заключен контракт на разработку технологии и оформление технологического регламента для строительства предприятия по переработке руд месторождения Зармитан. Исследования по пробе руды и полупромышленные испытания гравитационно-цианистой технологии были проведены на территории ЦНИЛ комбината с участием местных специалистов.

Разработанная для данной руды технологическая схема (рис. 1) включила новые для горной промышленности Узбекистана технологические процессы — гравитационного обогащения с использованием центробежных концентраторов фирмы Knelson и интенсивного цианирования неизмельченных гравитоцентратов на австралийской установке Gekko.

Особенностью схемы гравитационного обогащения явилось выделение 1/4 части циркуляционной нагрузки для центробежной концентрации, что позволило избежать переобводнения схемы рудоподготовки. Готовыми продуктами по технологии явились катодные осадки от цикла интенсивного цианирования (с извле-

Показаны научные и практические результаты многолетнего сотрудничества института с НГМК.

Ключевые слова: сотрудничество, АО «Иргиредмет», Навоийский горно-металлургический комбинат, переработка золотосодержащей руды, технологическая схема, гравитационное обогащение, флотация, биокисление, кучное выщелачивание, цианирование, сорбция.

чением в них 53,6 % золота от руды) и насыщенная смола АМ-25, полученная в цикле цианирования хвостов гравитации, с извлечением 40,9 % золота. Завершающая стадия переработки этих продуктов с получением аффинированного золота осуществляется централизованно на гидрометаллургическом заводе № 2 (ГМЗ-2). Проектирование и строительство Зармитанской ЗИФ (ГМЗ-4) было осуществлено в кратчайшие сроки. Выход фаб-

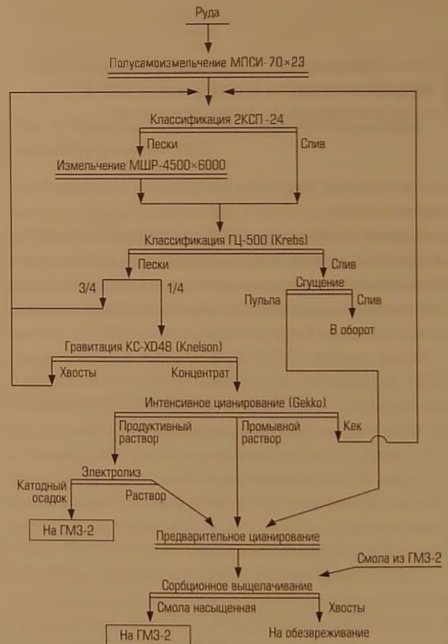


Рис. 1. Принципиальная схема переработки руды месторождения Чармитан на Зармитанской золотоизвлекательной установке

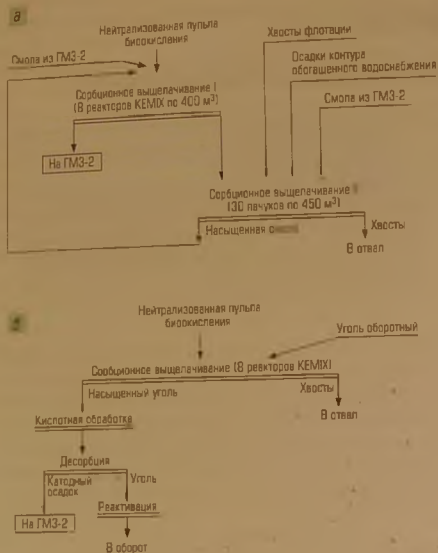


Рис. 2. Принципиальная схема гидрометаллургической переработки продуктов биоокисления на ГМЗ-3:

а – до реконструкции, б – после реконструкции

рики на проектные показатели был достигнут в течение 9 мес с момента запуска.

Содружество института с ГНМК было продолжено в 2011 г. заключением контракта на проведение работ по совершенствованию гидрометаллургической технологии переработки продуктов бактериального выщелачивания флотоконцентрата первичных руд месторождений Кокплатас и Даугызтау на ГМЗ-3 (г. Учкудук).

Первая очередь ГМЗ-3 была введена в эксплуатацию в 1995 г. по технологии прямого цианирования окисленных руд. По мере понижения глубины добычи руд росла доля в них первичных руд, обладающих повышенной упорностью по отношению к процессу цианидного выщелачивания с выходом цианируемого золота менее 25 %. Технологическая упорность первичных руд обусловлена чрезвычайно тонкой вкрапленностью золота в сульфидных минералах, а также присутствием в них природного сорбционно-активного углистого вещества.

С 2008 г. завод перешел на новую технологию, включающую флотационное обогащение руд, биогидрометаллургическое вскрытие золота из флотоконцентрата по технологии биоокисления и сорбционное выщелачивание по RIL-технологии в две стадии: первой – нейтрализованного продукта биоокисления, на второй – смеси хвостов первой стадии и хвостов флотации (рис. 2). Первую стадию сорбционного выщелачивания осуществляли на уста-

новке сорбционного цианирования, представляющую цепочку из восьми агитаторов с механическим перемешиванием, объединенных по принципу «карусели». Вторую стадию осуществляли в двух параллельных цепочках, состоящих по 15 пачуков каждая (емкость пачука 450 м³).

В начале 2011 г. с участием АО «Иргиредмет» было проведено обследование технологии ГМЗ-3. По узлу гидрометаллургии было сделано заключение об избыточном соленакоплении технологических цианистых растворов. По результатам анализов концентрация в них ионов CNS^- достигла 2–4 г/л, из-за чего емкость насыщенной смолы по золоту была не более 1,5 г/кг при высокой остаточной концентрации золота в жидкой фазе хвостов (0,1–0,2 г/м³). Потери смолы от истирания достигли 1,5 кг/т твердого в питании сорбции.

Вторая стадия сорбции работала неудовлетворительно из-за высокой сорбционной активности хвостов флотации, в которых содержится значительная доля природного органического углерода (0,3–0,4 %). Определенная по методике Иргиредмета относительная сорбционная активность хвостов флотации оказалась близкой к 100 %.

На опытном участке ГНМК под руководством специалистов Иргиредмета были проведены полупромышленные испытания угольно-сорбционной технологии переработки продуктов биоокисления. В схеме переработки (см. рис. 2, б) была использована традиционная противоточная система сорбционного выщелачивания: на первой стадии цианирования, также была исключена подача хвостов флотации на вторую стадию сорбции. В качестве сорбента был использован экстракционный уголь марки Norit 3515.

На продуктах текущей добычи ГМЗ-3 было показано, что при емкости насыщенного угля по золоту 2 кг/т остаточная концентрация золота в жидкой фазе хвостов оставалась в пределах 0,01–0,02 г/м³. Извлечение золота в цикле гидрометаллургии возросло на 15 % по сравнению с показателями действующего предприятия за счет уменьшения потерь золота, сорбированного твердой фазой хвостов. Полученные в промышленных испытаниях результаты легли в основу проекта реконструкции гидрометаллургического передела ГМЗ-3.

Технологическое проектирование нового узла десорбции золота и поставку оборудования осуществлял Иргиредмет. К поставке, согласно проекту, была принята установка десорбции, электролиза и реактивации угля производства КНР объемом десорбторов 10 м³. Все работы по переоборудовке и монтажу нового оборудования вели без остановки основного технологического процесса. Благодаря четкой организации к концу 2011 г. фактически основной объем работ по реконструкции гидрометаллургического отделения и монтажу узла десорбции был завершен, и с января 2012 г. было начато освоение новой усовершенствованной технологии переработки продуктов биоокисления.

В ходе освоения технологии в нее вносили некоторые усовершенствования, дорабатывали конструктивное оформление узлов и оборудования. По показателям переработки из схемы (см. рис. 2) была исключена вторая стадия сорбции в пачуках, соответственно, из объема переработки, помимо хвостов флотаций,

были исключены ярозитовые осадки, получаемые в процессе нейтрализации кислых растворов от операции противоточной декантации продукта биокисления. Благодаря этому удалось резко сократить расход реагентов (известь, цианид), исключить энергозатраты на сжатый воздух для перемешивания пульпы в пачках.

Достигнутый уровень извлечения золота по гидрометаллургическому переделу на 10 % превысил показатели ионнообменной технологии. Концентрация золота в жидкой фазе хвостов не превышает 0,02 г/см³ при емкости насыщенного угля 2–3 г/кг. Потери активного угля от истирания составили 0,4 кг/т твердого в питании КЕМХ.

В течение 2016 г. Иргиредмет привлечен руководством комбината к решению проблемы переработки хвостов кучного выщелачивания забалансовых руд месторождения Мурунтау. По результатам лабораторных исследований и полупромышленных испытаний, проведенных на территории ЦНИЛ и ГМЗ-1, Иргиредметом рекомендована схема (рис. 3) прямого цианирования измельченных хвостов цеха кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) с использованием угольного сорбента.

В составленном технологическом регламенте переработки хвостов ЦКВЗ использованы последние достижения в части аппаратного оформления процесса сорбционного выщелачивания. За основу принят пневмоагитатор рабочим объемом 400 м³ с механическим перемешиванием пульпы сорбционного цианирования и межстадиальным грохотом. Для насыщенного угля регламентом предусмотрена технология автоклавной десорбции, разработанная в Иргиредмете, позволяющая десятикратно ускорить процесс десорбции в сравнении с аналогичными технологиями, применяемыми в мире. Эти технические решения позволят минимизировать энергозатраты, а также расход реагентов за счет использования оборотной воды действующего хвостохранилища ГМЗ-2.

В начале 2018 г. на территории ЦНИЛ и опытного цеха сотрудниками Иргиредмета и НГМК были проведены лабораторные исследования и укрупненные испытания гидрометаллургической технологии по переработке огарков, полученных при окислительном

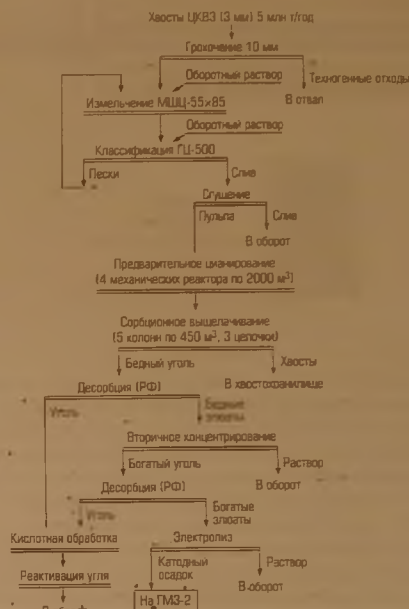


Рис. 3. Принципиальная схема гидрометаллургической переработки хвостов ЦКВЗ

обжиго флотационного концентрата ГМЗ-5 и хвостов сорбционного цианирования ГМЗ-3. На основании выполненных исследований были разработаны технологические регламенты, в основу которых была положена рекомендованная схема сорбционного выщелачивания с использованием в качестве сорбента активных углей. □

Уважаемые сотрудники Навоийского горно-металлургического комбината, коллеги!

Иргиредмет гордится, что является вашим партнером в течение долгих лет. Наше сотрудничество проверено временем. Участвуя в разработке технических решений на производственных объектах комбината, мы чувствуем, что способствуем не только росту экономики наших стран, но и развитию творческого потенциала целых поколений ученых и сотрудников, действующих в единой команде. Работа с комбинатом стала для многих сотрудников Иргиредмета делом жизни.

Приветствуем вас в день славного 60-летнего юбилея, выражаем уверенность в дальнейшем плодотворном развитии наших творческих и производственных контактов, в разработке новых совместных проектов и внедрении современных решений!

Желаем НГМК оставаться золотодобытчиком № 1 в Центральной Азии и продолжать свое динамичное развитие. Здоровья и благополучия каждому сотруднику. Пусть всегда и во всем вам сопутствует удача!

Коллектив АО «Иргиредмет»

УДК 553.411

СОСТОЯНИЕ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НАВОЙЙСКОГО ГМК



И. О. ХАЙРОВ,
зам. главного геолога,
канд. геол.-минерал. наук,
i.khairov@ngmk.uz,
ГП «Навоийский горно-металлургический
комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

Наличие и полнота использования ресурсов недр во многом определяют степень экономического развития любой страны, сохранение ею национального суверенитета. В научно-технической литературе вопросам создания и расширения минерально-сырьевой базы (особенно золота) уделяется повышенное внимание [1–11].

В Республике Узбекистан создана минерально-сырьевая база (МСБ) – прочная основа многих отраслей национальной экономики [12]. К настоящему времени выявлено более 2900 месторождений и перспективных проявлений полезных ископаемых, около 100 видов минерального сырья, из которых около 65 используются в промышленности и сельском хозяйстве. Процесс становления и развития МСБ тесно связан с эволюцией геологической науки и производства.

В народном хозяйстве Узбекистана горнодобывающая промышленность – одна из ведущих отраслей, базирующаяся на мощной минерально-сырьевой базе. По ряду важнейших полезных ископаемых (золото, уран, медь, вольфрам, калийные соли, фосфориты, каолины и др.) Узбекистан по подтвержденным запасам и перспективам их увеличения не только занимает ведущее место среди стран СНГ, но и входит в первую десятку государств мира. Основные месторождения золота и урана сосредоточены в Центрально-Кызылкумском и Самаркандском регионах, в междуречье рек Амударья и Сырдарья [13]. Этот регион является объектом деятельности Навоийского горно-металлургического комбината [14] (рис. 1).

В структуру этого предприятия (далее НГМК или комбинат) входят:

- Центральное рудоуправление (ЦРУ) (объединенный карьер «Мурунтау–Мютенбай»; гидрометаллургический завод № 2 (ГМЗ-2); цех кучного выщелачивания золота; ГМЗ-5; карьеры «Амантайтау», «Узунбулак»;
- Северное рудоуправление (СевРУ) (карьеры на месторождениях Коклатас и Даугызтау, ГМЗ-3.
- Рудоуправление ГМЗ-1 (карьеры «Аристантау», «Умид», «Каракутан», подземный рудник «Каракутан», ГМЗ-1,

Дана развернутая характеристика минерально-сырьевой базы рудоуправлений, входящих в структуру Навоийского горно-металлургического комбината.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, рудоуправление, гидрометаллургический завод, месторождение, руда, запасы, содержание, глубина разработки, геологоразведочные работы

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.01

• Южное рудоуправление (ЮРУ) (карьеры «Марджанбулак» и «Урталик»; подземные рудники «Зармитан», «Гужумсай», «Урталик»; Марджанбулакский золотоизвлекательный участок; ГМЗ-4. Ниже характеристика минерально-сырьевой базы НГМК представлена по перечисленным подразделениям комбината в том же порядке.

Центральное рудоуправление

Основной сырьевой базой рудоуправления являются разрабатываемые открытым способом месторождения Мурунтау и Мютенбай, к которым примыкает ряд других перспективных средних и мелких объектов (Бесапантау, Триада, Балпантау, Тамдыбулак, Бойлик и др.). Все они относятся к золото-кварцевому геолого-промышленному типу и характеризуются высоким извлечением золота при переработке руды по гравитационно-сорбционной схеме.

Открытие золоторудного месторождения Мурунтау явилось крупнейшей вехой в промышленном и культурном развитии пустынных районов Западного Узбекистана. Оно признано международной геологической общественностью величайшим событием второй половины двадцатого столетия в области золота [15]. Площадь месторождения сложена метаморфизованными терригенными породами (песчаники, алевролиты, углисто-кварцевые сланцы). Золотоносное оруденение локализуется в секущих крупнопадающих кварцевых жилах с ореолами прожилкового окварцевания мощностью до 100 м с отходящими от них пологозалегающими аплосизмами в виде систем кварцевых и сульфидных прожилков. Морфологически месторождение представляет собой мегаштокер, состоящий из этактно расположенных жильно-прожилковых зон, мощных стержневых крутых и пологих существенно кварцевых жил, систем крутых сульфидно-кварцевых прожилков [16]. Основной объем оруденения приурочен к окварцованным метасоматитам, наиболее высокие содержания золота связаны со стержневыми жилами. Золоторудные залежи прослежены по простиранию на 800–1500 м, на глубину – 1500 м, а сверхглубокой структурной скажиной промышленное содержа-

© Хайров И. О., 2018

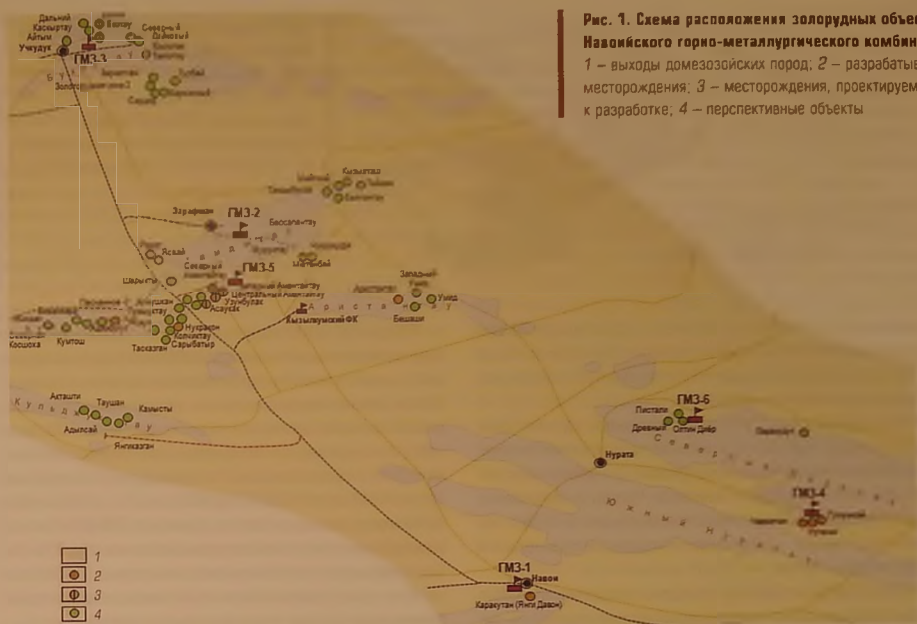


Рис. 1. Схема расположения золоторудных объектов Навоийского горно-металлургического комбината:
1 – выходы домезозойских пород; 2 – разрабатываемые месторождения; 3 – месторождения, проектируемые к разработке; 4 – перспективные объекты

ние золота установлено на глубине 2500 м. Прогнозные ресурсы оценивают почти в 2,5 раза больше запасов, утвержденных в ГКЗ.

На первом этапе геологического изучения месторождение Мурунтау относилось к жильному типу, поэтому рассматривалось и разведывалось как система золотоносных кварцевых жил. Оцененные запасы объекта не обеспечивали его рентабельную разработку в сложных условиях. Однако дальнейшими геологоразведочными работами была установлена золотоносность вмещающих пород, имеющих вкрапленную и прожилковую минерализацию и насыщенных разноориентированными кварцевыми прожилками, что послужило основой для изменения представлений о морфологии и структуре месторождения. В предложенной Г. В. Касавченко модели (1963 г.) она рассматривалась как крупный, неправильной формы штокверк, вытянутый в субширотном направлении. Штокверковая модель месторождения оказалась весьма конструктивной, что проявилось в первую очередь в изменении методики геологоразведочных работ, переориентированных «на массу» штокверка, и привело к значительному увеличению запасов.

Запасы, утвержденные для карьера «Мурунтау» по состоянию на 01.04.1969 г., были подсчитаны методом вертикальных разрезов по данным опробования геологоразведочных скважин до глубины 350 м, пробуренных по сетке 80×80 м. Они послужили основой для проектирования I и II очередей отработки карьера «Мурунтау», однако значительно отличались от прогнозных и

имели достаточно обоснованные предпосылки на увеличение общих запасов месторождения Мурунтау (рис. 2). Поэтому одновременно с развитием I очереди отработки карьера интенсивно вели разведку флангов и глубоких горизонтов месторождения. В 1976 г. составлен проект III очереди для отработки запасов до глубины 460 м. К 1985 г. возникла существенная необходимость в пересчете запасов месторождения, которая была обусловлена:

- значительным объемом дополнительных данных по опробованию новых разведочных скважин и подземных выработок, что расширило представление о границе месторождения;
- большим объемом информации по эксплуатационному опробованию, позволяющей сопоставить результаты первоначального подсчета запасов с фактически отработанными запасами и при необходимости внести соответствующие коррективы в методику подсчета;
- неточностью принятого ранее метода подсчета запасов; прирост запасов балансовых руд составил 131,5 млн т, т. е. сырьевая база месторождения увеличилась с 269 до 400,5 млн т, что позволило гарантировать продолжение выемки запасов по технологии открытых горных работ.

В 1992 г. на базе этих запасов АО «ВНИПИПромтехнологии» было выполнено ТЭО строительства IV очереди карьера (см. рис. 2). В соответствии с ТЭО, предусматривали отработку запасов до глубины 560 м с последующим переходом на подземные горные работы, которыми предполагали отработать месторождение до глубины 950–1000 м. Сопоставление погашенных геоло-

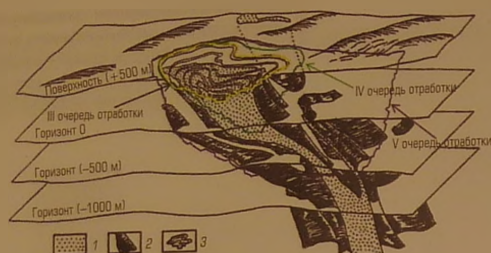


Рис. 2. Блок-диаграмма месторождения Мурунтау (составлена по материалам М. Н. Юлдашева):

- 1 – золоторудная минерализация по поверхности, в контуре карьера
- и в вертикальной плоскости Южного разлома;
- 2 – внешний контур золоторудного штокаверка;
- 3 – контур карьера

гических запасов (1992 г.) с фактически отработанными запасами карьера выявило завышение среднего содержания золота на 24 %, что потребовало введения корректирующих коэффициентов в методику подсчета запасов.

Следующим этапом развития методов оценки сырьевой базы рудопереработки явилось использование компьютерных технологий обработки геологической информации. Эти работы выполняли совместно специалисты компании России и Навоийского горно-металлургического комбината и завершили в 1998 г. построением блочной математической модели месторождения и подсчетом его запасов.

Компьютерная технология обработки геологической информации, опираясь на гистограмму распределения содержаний, позволяет подсчитать запасы месторождения при любом бортовом содержании полезного компонента и получить оценку этих запасов по результатам эксплуатационной разведки.

Соответствие математической модели месторождения и разрабатываемого метода подсчета запасов реальному распределению полезного ископаемого в недрах было проверено на отработанном объеме месторождения. Для этого проведено сопоставление запасов, определенных традиционным методом по данным детальной разведки (1985 г.) и методом математического моделирования (1998 г.), с результатами их погашения по данным эксплуатационной разведки (сеть скважин 5,6×5,6 м). При этом запасы, определенные по данным эксплуатационной разведки, принимались за эталонный вариант [16]. Результаты сравнения приведены в таблице.

Средние относительные погрешности оценки запасов месторождения Мурунтау (по сравнению с данными эксплуатационной разведки), %

Бортовое содержание, г/т	Оценка запасов с использованием математической модели			Оценка запасов традиционным методом		
	Руда	Содержание	Металл	Руда	Содержание	Металл
1.0	9.5	9.4	14.8	20.7	12.7	23.2
1.5	11.9	8.8	17.8	22.4	13.8	26.3
2.0	17.5	10.1	22.7	28.0	14.3	29.8

Результаты сопоставления суммарных оценок запасов по всем исследованным участкам для различных бортовых содержаний с результатами отработки показали хорошую сходимость. Весьма впечатляющими оказались результаты использования данных компьютерных технологий для корректировки ТЗО горных работ IV очереди карьера. Объем оптимальной финальной формы карьера IV очереди (считая его от современного рельефа) снизился с 1141 млн м³ (ТЗО-92) до 624 млн м³, т. е. более чем на 40 % (при углах наклона бортов, принятых в ТЗО-92). При этом кондиционные запасы металла уменьшились всего на 9 %. Расчеты показывают, что в результате компьютерных технологий из контуров карьера удалось исключить те запасы, которые нерентабельны ввиду больших затрат на вскрышные работы.

График-календарь развития карьера III и IV очереди, построенный с использованием компьютерных технологий, позволил распределить объемы горных работ таким образом, что производительность карьера по горной массе снизилась в первые годы строительства IV очереди с 45–48 млн м³ (ТЗО-92) до 35–37 млн м³. Благодаря этому значительно повысилась эффективность работ по созданию IV очереди карьера.

Таким образом, использование при разработке ТЗО IV очереди карьера компьютерных технологий построения оптимальной финальной формы карьера и графика его развития позволило выделить активную часть запасов месторождения Мурунтау с обеспечением оптимальных экономических показателей их отработки.

Вовлечение в переработку забалансовой руды является еще одним из значительных этапов эволюции сырьевой базы предприятия. Ориентация на расширение сырьевой базы за счет такой руды была принята в качестве перспективного направления практически с самого начала освоения месторождения Мурунтау. Для этого уже в первые годы на карьере «Мурунтау» вели раздельную добычу и складирование товарной и забалансовой руды и вскрышных пород. Включение в сырьевую базу рудопереработки запасов с бортовым содержанием 1 г/т стало возможным в результате непрерывного наращивания перерабатывающих мощностей гидрометаллургического завода и совершенствования технологии переработки золотосодержащих руд. Так, вовлечение в переработку забалансовой руды началось с 1989 г. (2 млн т), когда в результате реконструкции ГМЗ-2 его производительность достигла 18,4 млн т/год. В 2018 г. производительность завода

по переработке достигнет 38 млн т, и в переработку, помимо балансовых руд с содержанием более 2 г/т, будет вовлечено 10 млн т забалансовой руды (1–1,5 г/т). Кроме того, прогнозные ресурсы золота на глубоких горизонтах и флангах месторождения оценивают в 1070 млн т руды.

Гидрометаллургический завод № 2 комбината является сегодня вторым по величине (после предприятия Грасберг в Индонезии) среди ведущих в мире золотодобывающих предприятий. Поставщик ГМЗ-2 – карьер «Мурунтау» при размерах в плане 3,5×2,5 км уже сейчас имеет глубину 600 м. С начала эксплуатации месторождения Мурунтау карьером извлечено более 1,7 млрд м³ горной массы, и на ГМЗ-2 отгружено для переработки более 600 млн т руды.

Карьер IV очереди запроектирован до глубины 630 м, и в этом контуре сосредоточены запасы, которые обеспечат работу предприятия и выпуск золота, согласно разработанной Правительственной программе, на стабильном уровне (с учетом складских запасов забалансовой руды и минерализованной массы) до 2023 г.

К 2016 г. геолого-экономический анализ запасов и ресурсов, приращенных подразделениями Госкомгеологии РУз и НГМК (с 1998 по 2015 г.) по месторождениям Мурунтау и Мютенбай, показал возможность вовлечения в отработку запасов, расположенных на флангах и глубоких горизонтах месторождения Мурунтау (до –300 м), совместно с запасами месторождения Мютенбай объединенным карьером «Мурунтау–Мютенбай».

Отменен вариант открыто-подземной отработки фланговых и глубоких запасов карьера «Мурунтау». В связи с этим в 2016 г. комбинат с привлечением иностранных компаний приступил к составлению ТЭО кондиций и пересчету запасов и ресурсов месторождений Мурунтау и Мютенбай в имеющихся границах разведки

(за контурами IV очереди) по бортовому лимиту 0,5 г/т, с использованием современных компьютерных технологий построения математической модели месторождения и оптимизации горных работ. Данная величина бортового содержания для открытых работ позволяет обеспечить оптимальное соотношение балансовых запасов руды и золота, т. е. достичь максимально полного использования ресурсного потенциала недр при данных экономических условиях.

По результатам подсчета запасов месторождений Мурунтау и Мютенбай по бортовому лимиту 0,5 г/т в ГКЗ РУз (2016 г.) общие запасы руды для совместного карьера «Мурунтау–Мютенбай» составляют по состоянию на 01.01.2018 г. 1837 млн т (в том числе в контуре IV очереди – 267,5 млн т), в контуре карьера V очереди 1569,5 млн т; для подземной добычи оставлено 37 млн т. На основании выполненных проработок можно утверждать, что развитие совместного карьера на месторождениях Мурунтау и Мютенбай в оптимальных границах V очереди (–300 м) будет высокоэффективным и рентабельным. Принятая цена золота в расчетах отвечает минимальному уровню тренда. Это обеспечивает достаточно высокий запас экономической устойчивости проекта и неизменность балансовой принадлежности подсчитываемых по принятым кондициям запасов для открытой добычи на весьма длительный срок.

В 2017 г. по инициативе Правительства Узбекистана начато строительство гидрометаллургического завода № 5 (ГМЗ-5), базирующегося на минерально-сырьевой базе Ауминзо-Амантайтауского горнорудного района. На сегодняшний день ее представляют более 28 разведанных и перспективных месторождений, расположенных в радиусе 50 км от ГМЗ-5 (рис. 3). Условно все эти объекты можно разделить на 4 группы (см. рис. 3).



Рис. 3. Схема расположения минеральных объектов в районе ГМЗ-5:

- 1 – перспективные месторождения; 2 – разрабатываемые месторождения; 3 – проектируемые месторождения;
- 4 – местные железнодорожные пути, 5 – магистральные железнодорожные пути НГМК

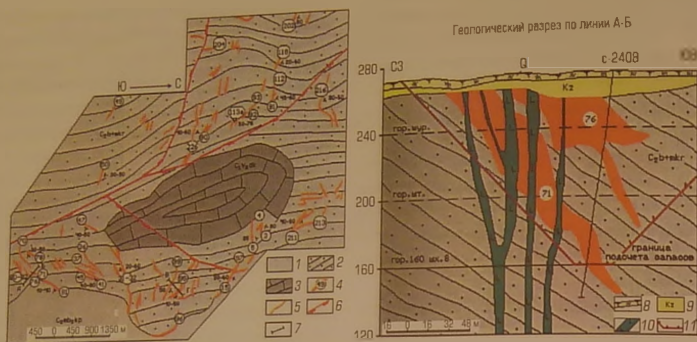


Рис. 4. Схематическая геологическая карта золоторудного месторождения Кокпатас:

1 – средний карбон. Кокпатасская свита (C_2mb_2+kr), углисто-кремнистые сланцы, песчаники, известняки доломиты; 2 – средний карбон. Каракумская свита (C_2b+tkr), алевролиты, туфоалевролиты, песчаники, углистые сланцы; 3 – нижний карбон, Джазкудукская свита (C_1v_2dk), массивные известняки; 4 – промышленные рудные тела и их номера; 5 – непромышленные рудные тела; 6 – тектонические нарушения; 7 – линия разреза; 8 – четвертичные отложения; 9 – кайнозойские отложения; 10 – дайки керсантинов; 11 – проектный контур карьера (по данным ТЗО кондиций)

Первая группа состоит из месторождений собственно Амантайтауского рудного поля, находящегося в 3 км от ГМЗ-5. Они представлены двумя мелкомасштабными объектами Узунбулак, Западный Амантайтау и крупным месторождением Амантайтау, состоящим из двух участков: Северного и Центрального. Доля запасов этих месторождений составляет 27 % общей сырьевой базы ГМЗ-5. С 2003 по 2007 г. окисленные руды на Центральном участке месторождения Амантайтау обрабатывали силами СП «Амантайтау Голдфилдс». На сегодняшний день начато вскрытие сульфидных руд рудником «Амантай» ЦРУ НГМК. Этим же рудником ведут добычу окисленных руд на месторождениях Узунбулак и Западный Амантайтау.

Месторождение Амантайтау сложено терригенными отложениями Беспапской свиты. Рудные тела представлены кварцевыми, кварц-альбитовыми прожилками, жилами, линзами с вкрапленной сульфидной минерализацией. На месторождении разведано 12 рудных тел протяженностью от 140 до 750 м, по падению – 150–650 м, средняя мощность рудных тел 5,8–11,3 м. Площадь Северного участка месторождения перекрыта мезокайнозойскими отложениями мощностью 100–150 м. В первичных рудах сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом, марказитом, халькопиритом, блеклыми рудами. Золото, заключенное в сульфиде, составляет до 81,5 %, из них 70 % связано с пиритом, в котором образует включения неправильной формы размером 0,01–0,1, редко – до 0,2 мм. Форма золотин пластинчатая, пленки. Средняя пробытность 915. В окисленных рудах золото свободное в виде зерен. Месторождение относится к золотосульфидному типу.

Вторая группа месторождений состоит из 15 мелкомасштабных объектов Даугызтауского рудного поля, расположенного в

радиусе до 30 км от ГМЗ-5. Доля запасов этих месторождений составляет 21 % общей сырьевой базы завода. Запасы утверждены протоколами ГКЗ. На сегодняшний день из них отработаны только окисленные руды месторождения Асаукак.

Третья группа месторождений состоит из месторождений Аджибугут, Песчанное-2, Кумтош, Бижанкара, Северное Кослоха, находящихся в Ауминзатауском рудном поле в 50 км от ГМЗ-5. Из них месторождение Аджибугут является самым крупным объектом. В период с 2005 по 2012 г. Северным рудоуправлением НГМК были отработаны окисленные руды месторождения. На сегодняшний день доля остаточных сульфидных руд на этом объекте составляет 24 % всей сырьевой базы ГМЗ-5. Всего запасы пяти месторождений Ауминзатауского рудного поля составляют 40 % всей сырьевой базы завода.

Четвертая группа представлена мелкомасштабными месторождениями Ясвай, Рохат и Шарыкты, расположенными в горах Джетымтау и Тамдытау. Запасы этих трех объектов составляют 12 % всех запасов ГМЗ-5. Нарращивание объема активных запасов и обеспечение сырьем на длительный период ГМЗ-5 является одной из основных задач перед геологической службой Госкомгеологии РУз и Навоийского ГКМ.

Северное рудоуправление

Минерально-сырьевой базой здесь являются запасы первичных золотосульфидных руд месторождений Кокпатас, Даугызтау и Магрибон (Западный Даугыз) (см. рис. 1).

Месторождение Кокпатас, разведка которого началась в 1963 г., приурочено к Кокпатасской антиклинали, сложенной известняками и вулканогенно-осадочными породами нижнесреднего карбона, а также кремнисто-карбонатными породами Кокпа-

Рудоуправление ГМЗ-1

В структуру рудоуправления входят: Гидрометаллургический завод № 1 (ГМЗ-1) карьеры «Аристантау», «Умид», «Западный Умид», «Бешаши», подземные горные участки рудника Каракутан (РЗШ-5 НТС-2К). Основу минерально-сырьевой базы золотодобывающего производства составляют запасы одноименных месторождений и участок Северный Зиявдинского рудного поля.

В 1993 г. на ГМЗ-1 г. Навои на освободившихся мощностях по производству урана создана технологическая линия по переработке золотосодержащих забалансовых руд месторождения Мурнтау производительностью 620 тыс. т руды в год. С 2007 г. на ГМЗ-1 для переработки начали поступать окисленные золотосодержащие руды месторождения Аджигубут. В 2012 г. мощность ГМЗ-1 увеличена до 1450 тыс. т, темп роста по сравнению с 1993 г. по добыче и переработке золотосодержащих руд увеличился в 2,26 раза. Для обеспечения ГМЗ-1 сырьем в 2012 г. принято решение о создании нового рудоуправления ГМЗ-1, в состав которого вошли месторождения Каракутан, Янги-Давон, и Ташкан Зиявдинского рудного поля. Позже, в 2015 г., в состав рудоуправления включены месторождения Аристантауского рудного поля (карьеры «Аристантау», «Умид», «Западный Умид» и «Бешаши»).

Зиявдинское рудное поле расположено в одноименных горах на границе Зерафшано-Алайской и Зерафшано-Туркестанской структурно-формационных зон. Сложно оно метаморфизованными эффузивно-терригенными отложениями нижнего девона, дислоцированных в крупную Катармайскую антиклиналь асимметричного строения, крылья которой осложнены складками более высоких субширотных простираний. Все месторождения, обогатенные рудные тела, рудопроявления размещены в пределах северного крыла Катармайской антиклинали внутри субширотных крутопадающих Каракутанской и Кизибинской зон глубинных разломов. Руды месторождений Зиявдинского рудного поля относятся к золотосульфидно-кварцевой формации, по содержанию в них сульфидов (до 2 %) — к углосульфидной. По состоянию на 01.01.2018 г. запасы золоторудных объектов Зиявдинского рудного поля составляют 6,7 млн т, а прогнозные ресурсы руды — 33,8 млн т.

Месторождение Аристантау расположено в горах Аристантау в юго-восточной части Центральных Кызылкумов и сложено неравномерно переслаивающимися песчаниками, алевролитами Беспанской свиты. Строение рудоносной зоны сложное, ее формируют серии сближенных трещин милонитизации, кварцевые жилы, прожилковое кварцевание штокверкового типа, вкрапленная рудная минерализация. Месторождения разведаны по сети 80×80 м. Перспективы на глубину определяли бурением шарошечных и колонковых скважин до глубины 160–250 м. По состоянию на 01.01.2018 г. категориальные запасы объектов Аристантауского рудного поля составляют 6,6 млн т руды, а ресурсы — 11,2 млн т.

С целью пополнения сырьевой базы по объектам Аристантауского и Зиявдинского рудных полей Госкомгеологией РУЗ разработана и реализуется «Государственная программа геологораз-

ведочных работ в период 2018–2026 годов», что значительно увеличивает минерально-сырьевую базу рудоуправления ГМЗ-1.

Южное рудоуправление

В структуру рудоуправления входят: карьер «Урталик»; подземные рудники «Зармитан», «Гужумсай», «Урталик»; ГМЗ-4; карьеры «Сарикбель», «Украинский», «Западный», «Танги Западный», «Танги Центральный», «Восточный», «Гумсай» и «Кучумсай», а также Маржанбулакский золотоизвлекательный участок (МЗИУ). Основу сырьевой базы составляют запасы месторождений Чармитан, Гужумсай и Урталик, вместе образующие просторанную Зармитанскую золоторудную зону.

Месторождение Чармитан разведано по комбинированной горно-буровой системе с сетью 40×40 и 80×80 м. Детальной разведкой на месторождении установлено 53 промышленных рудных тела с крутым северным падением, размеры которых в плане колеблются от первых десятков метров до 1200 м мощностью от нескольких десятых долей до 6–8 м. Содержание золота — от 5,5 до 18 у. е. Отдельные рудные тела прослежены до глубины 1200 м. По морфологии рудные тела относятся к жильному типу, нередко переходящему в тип маломощных зон, и характеризуются высокой контрастностью оруденения. Коэффициент непрерывности оруденения в промышленных контурах рудных тел составляет 0,93–0,99, а коэффициент засорения рудной массы некондиционными прослоями мощностью менее 3 м колеблется от 0,08 до 0,21.

Природные типы руд представлены жильными кварцем, гидротермально измененными граносиенитами и рогамиками, в редком случае сфидрами множества минеральных форм. Минеральные типы руд представлены убого- (до 1–2 %), мало- (3–7 %) и умеренно сульфидными (10–15 % и более) разностями. Сульфидность руд на месторождении нарастает в восток и в значительно меньшей степени — сверху вниз. Выделены золотосодержащие и золотосеребряные типы руд. К первым отнесены легкоперерабатываемые руды, из которых прямым цинкированием извлекается в среднем 92–95 % золота и 60–80 % серебра. Второй технологический тип характеризуется тем, что из него прямым цинкированием извлекается 70–80 % золота и 50–60 % серебра.

Исходя из горнотехнических параметров и условий размещения промышленных рудных тел, проектными решениями приняты комбинированные способы разработки месторождения. Близповерхностные мощные тела, запасы которых не превышают 4–5 % всего объема до гор. +840–780 м, отработаны открытым способом. Нижележащие запасы месторождений Зармитанской золоторудной зоны отработывают подземным способом. Вскрытие запасов месторождения Чармитан ведут наклонным транспортным съездом (стволом), который будут углублять на проектную глубину рудника (700 м). Запасы месторождения Чармитан до горизонта +540 м (по категории $C_1 + C_2$) переданы на баланс Навоийского ГМК (18,56 млн т) (рис. 6). Из всех имеющихся запасов около 95 % рассчитаны на подземный способ отработки. Горнодобычные работы осуществляются рудником «Зармитан» производительностью 850 тыс. т.

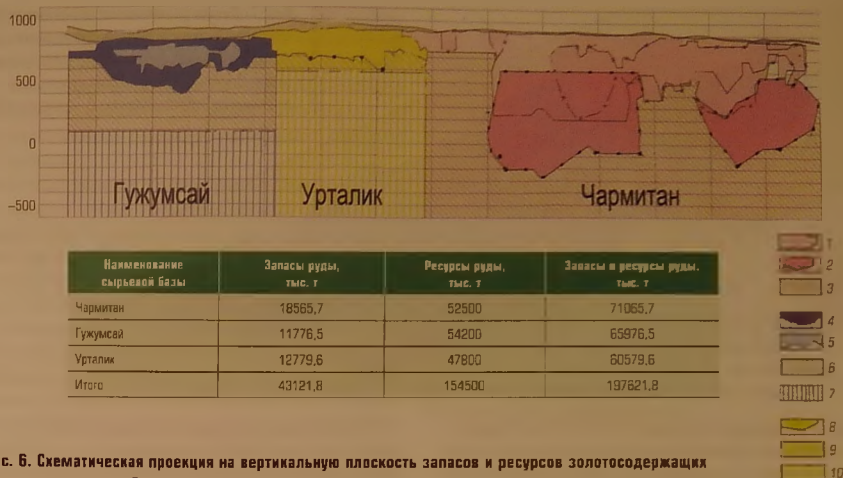


Рис. 6. Схематическая проекция на вертикальную плоскость запасов и ресурсов золотосодержащих руд месторождений Зармитанской золотосодержащей зоны:

Чармитан: 1, 2 – запасы категорий C_1 , C_2 ; 3 – прогнозные ресурсы категории P_1 .

Гужумсай: 4, 5 – запасы категории C_1 ; 6, 7 – прогнозные ресурсы категорий P_1 , P_2 .

Урталики: 8 – запасы категорий C_1 , C_2 , 9, 10 – ресурсы категорий P_1 , P_2

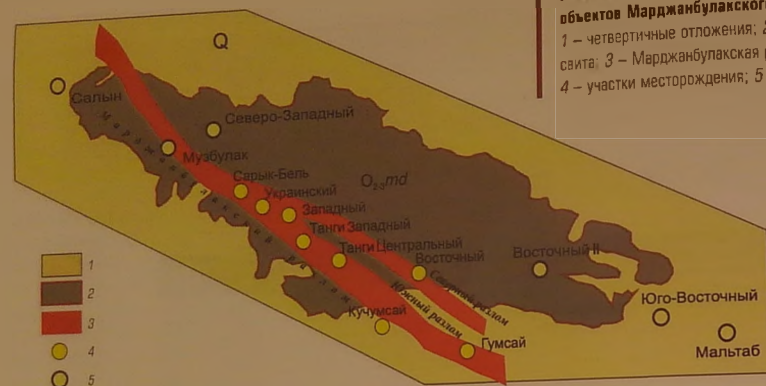
Золоторудное месторождение Гужумсай является западной частью Чармитанского рудного поля и полностью перекрыто рыхлыми, слабоцементированными четвертичными отложениями от 10 (на севере) до 140 м (на юге). Несмотря на это, общая геолого-структурная обстановка хорошо интерпретировалась на основе геологии обрамляющих территорий. Площадь всего месторождения 5,6 км². Разведанные рудные тела в количестве 27 сосредоточены на площади 1,3 км². Рудные тела располагаются параллельно, кулисообразно и имеют северо-восточное простирание; все они представлены кварцевыми жилами и маломощными прожилково-жильными минерализованными зонами, которые соединяются друг с другом и ветвятся, имея крутое падение (70–80°) на север и северо-запад. Рудные тела, приуроченные к контакту интрузива, имеют большие мощности, чем внутри интрузива. Граница рудных тел определяется по данным опробования [18]. Руды малосульфидные (1–3 %). Количество свободного золота в золотосодержащих рудах составляет более 95 %. Месторождение изучено до глубины 400–450 м от поверхности комбинированным горно-буровым способом по сети 40×40 и 80×80 м. Глубина развития промышленных руд установлена единичными колонковыми скважинами на глубину 1100 м, где параметры рудных тел удовлетворяют требованиям подземной отработки. Геолого-промышленный тип оруденения золотокварцевый убогосульфидный со свободным золотом. Руды легко перерабатываются на ГМЗ-4 по гравитационно-сорбционной технологии; извлекаются в среднем 92–93 % золота и 60–80 % серебра. Учитываемые запасы золотосодержащих руд по месторождению Гужумсай составляют 11,7 млн т. Горнодобычные работы ведет Гужумсай-

ский рудник производительностью 550 тыс. т руды. Вскрытие месторождения осуществляют наклонным транспортным стволом.

Месторождение Урталики расположено между месторождениями Чармитан и Гужумсай в центральной части рудного поля, где рудные тела так же, как и на месторождениях Чармитан и Гужумсай, представлены сближенными кварцевыми жилами и кварцево-прожилково-жильными маломощными зонами. Месторождение Урталики изучено до глубины 250–350 м от земной поверхности комбинированным горно-буровым способом по сети 80×80 м. Глубина развития промышленных руд аналогична таковой на месторождениях Чармитан и Гужумсай, где параметры промышленных рудных тел выдержаны до глубины 1200 м. Рудные тела располагаются параллельно, кулисообразно по северо-восточному простиранию. Горнотехнические параметры и условия локализации промышленных тел позволяют разрабатывать месторождения комбинированным способом. Близкоповерхностные мощные рудные тела, запасы которых не превышают 10–12 % (до горизонта +780 м), обрабатывают открытым способом. Вскрытие нижележащих горизонтов осуществляют наклонным транспортным стволом с максимальным уклоном не более 8°. В настоящее время Новоисским ГМК учитываются запасы для открытых горных работ в количестве 8,1 млн т, а для подземных – 4,7 млн т руды.

Однако надо отметить, что в последние годы взгляды на геологическое строение и перспективы объектов Зармитанской золоторудной зоны претерпели существенные изменения. В настоящее время определен современный эрозионный срез проходит выше максимальных уровней рудоотложения. На месторождении Чармитан (центральная часть и восточный фланг) рудные

Рис. 7. Схема размещения основных рудных объектов Марджанбулакского рудного поля:
1 – четвертичные отложения; 2 – Маджерумская свита; 3 – Марджанбулакская рудная зона; 4 – участки месторождения; 5 – рудоуправления



подсечения в скважинах на глубинах 1000–1200 м от поверхности по параметрам оруденения, минеральному составу, текстурным особенностям и др. не отличаются от таковых на верхних горизонтах месторождения. Такая стабильность свидетельствует о весьма значительном вертикальном размахе оруденения и перспективах глубоких горизонтов. Область развития промышленных рудных тел охватывает гораздо большую площадь, чем ожидалось: новые рудные тела выявлены не только в контуре разведки, но и появляются они и на западном, и на северном флангах месторождений. С увеличением глубины разведки есть вероятность обнаружения новых «спящих» рудных тел, о чем свидетельствует наличие на глубине скважинных подсечений с богатым золотым оруденением, пока что не увязывающихся с позиций уже известных рудных тел.

Первая масштабная оценка прогнозных ресурсов золотосодержащих руд месторождений Зармитанской золоторудной зоны (см. рис. 6) выполнена в 2003 г., где нижняя граница оценки запасов и ресурсов золотосодержащих руд составляет 1500 м от земной поверхности. В заключение можно констатировать, что обеспеченность сырьевой базой ГМЗ-4 за счет месторождений указанной зоны является весьма высокой.

Как отмечалось выше, в состав Южного рудоуправления входит Марджанбулакский золотозвлекательный участок (МЗИУ), пространственно удаленный от ГМЗ-4.

Сырьевой базой МЗИУ являются запасы и ресурсы золотосодержащих руд месторождения Марджанбулак, сосредоточенные на участках Сарыкбель, Украинский, Западный, Танги Западный, Танги Центральный, Восточный, Гумсай, Кучумсай и на перспективных участках Марджанбулакского рудного поля Салын, Северо-Западный, Музбулак, Восточный и Юго-Восточный (рис. 7).

Самое месторождение Марджанбулак приурочено к ветви глубинного Марджанбулакского разлома в крыле синклиналиной складки. На площади месторождения разведаны, в установленном порядке утверждены в ГКЗ и осваиваются запасы участков Сарыкбель, Украинский, Западный, Танги Западный, Танги Центральный, Восточный, Гумсай и Кучумсай.

Всего на объекте выявлено 25 промышленных тел. Протяженность их – от 32 до 300 м, мощность – от 15 до 290 м. Содержание золота колеблется от 1 до 60 у. е. Рудные тела столбобразные и грибообразные штокерковые, вертикальная протяженность их не превышает 200 м; с глубиной рудные тела сменяются жильными рудными зонами. По условиям образования руды участков относятся к малосульфидной кварц-пирит-арсенопирит-золоторудной формации. Все они характеризуются простым вещественным составом и подразделяются на окисленные и сульфидные. Мощность зоны окисления по вертикали изменяется от 50 до 120 м.

Первоначальное промышленное освоение участков месторождения Марджанбулак начато в 1980 г. открытым способом с добычей и переработкой окисленных руд. В настоящее время запасы окисленных и сульфидных руд в имеющихся проектных контурах карьеров рудника «Марджанбулак» практически исчерпаны. Остатки запасов руд на нижних горизонтах за пределами проектных контуров карьеров (между гор. +850 ... +650 м) «Сарыкбель», «Украинский», «Западный», «Танги Центральный», «Танги Западный», «Восточный», «Гумсай» и «Кучумсай» составляют 4,6 млн т (из них окисленные 0,15 млн т). В настоящее время Марджанбулакским рудником горнодобычные работы ведутся на карьерах «Западный» и «Гумсай» в проектных контурах, где остатки золотосульфидных руд составляют 0,9 млн т. Однако исходя из плана развития горных работ Южного рудоуправления на текущий год, добыча окисленных руд на карьерах рудника приостановлена из-за незначительных остатков (всего 0,15 млн т). В переработку активно вовлекаются сульфидные руды. В планах развития горных работ по карьерам месторождения Марджанбулак на 2017–2018 гг. отмечается, что требуемое к отгрузке количество руды на МЗИУ обеспечивается при условии чetyрехкратного увеличения затрат на вскрышу. Эти затраты окупаются лишь через 5–6 лет ценой продления срока эксплуатации месторождения. Увеличение объема вскрышных работ по сульфидным карьерам и сокращение размеров рабочих площадок на нижних горизонтах приводит к выборочной от-

работке более богатых участков месторождения. Для стабильной работы необходимо многое: проходить опережающий зумпф на обводненных горизонтах; вести осушение карьеров; разрабатывать сложные рудные залежи с минимальными потерями и разубоживанием; оформлять капитальные борта карьеров по схеме, обеспечивающей безопасность работающего оборудования и персонала.

В настоящее время на производственных объектах МЗИУ по мере увеличения глубины горных работ и сроков существования карьеров возникла проблема обеспечения выпуска золота в условиях роста объемов вскрышных пород, что предопределяет необходимость интенсификации горного производства на основе применения прогрессивных технологий и высокопроизводительного горного оборудования. Пути решения проблемы таковы: переоценка запасов; снижение бортового содержания остаточных сульфидных руд; учет перспективных прогнозных ресурсов, расположенных на глубоких горизонтах ниже проектных границ карьеров; оптимизация финальных форм карьеров по экономически выгодной цене на золото, а также вовлечение старых хвостов обогащения МЗИУ в отработку, где исходные содержания золота в 1980-х годах по двум месторождениям (Зармитан и Марджанбулак) составляли 4–12 у. е.

С целью пополнения минерально-сырьевых запасов МЗИУ Навоийским ГМК выполнено следующее.

1. Осуществлена переоценка остаточных запасов и ресурсов ниже дна проектного контура карьера «Западный» по более мягким условиям (борт – 0,5 у. е.) на основе программы Micromine. Пересчетом охвачены запасы руды между горизонтами +845 ... + 680 м (рис. 8). Проработаны четыре варианта отработки борта под углами 40°; 43°; 45° и 50°. Объем балансовых руд по карьеру повысился более чем в 2,5 раза и составляет 1,82 млн т (при теперешнем остатке руды в карьере 0,71 млн т). Аналогичные работы с таким же результатом выполняют по карьерам «Сарыкбель», «Украинский», «Гумсай», «Кучумсай» и др. Ожидается общий прирост запасов руды до 9,2 млн т, что обеспечит работу МЗИУ на 10 лет вперед.

2. Проведены геологоразведочные работы силами ГРЗ Навоийского ГМК и Госкомгеологии РУз на флангах действующих карьеров («Гумсай», «Кучумсай») и на потенциально новых участках Марджанбулакского рудного поля (Лапах, Авлие, Салин и др.). Нарощены запасы по западным флангам указанных карьеров в количестве 1,5 млн т окисленной руды с балансовым содержанием. Продолжаются поисковые и оценочные работы на перспективных участках.

3. Рассмотрена возможность извлечения благородных металлов из вторичного сырья, т. е. из отходов золотодобывательных фабрик и заводов [19]. Объектом изучения стал материал хвостохранилища МЗИУ. Проведенные обширные исследования показали, что золото на площади и по глубине хвостохранилища распределено неравномерно, концентрации его варьируют в диапазоне 0,4–3 у. е. (рис. 9); среднее содержание золота по всему объему хранилища равно 0,97 у. е., а среднее сквозное извлечение достигает 48 %; общий объем вторичного сырья составля-

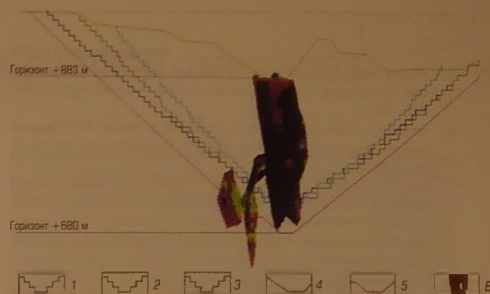


Рис. 8. Разрез проектируемого карьера по участку Танги Западный месторождения Марджанбулак:
1, 2, 3 – борт под углом 50°, 45°, 40° соответственно;
4 – дно действующего карьера; 5 – дно проектируемого карьера; 6 – контур рудного тела

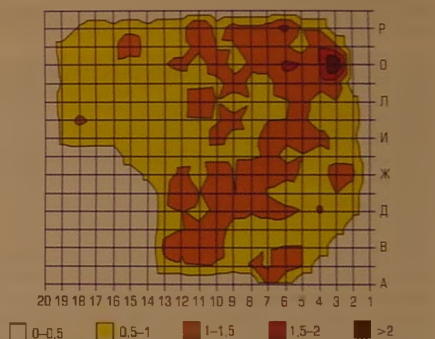


Рис. 9. Содержание золота в хвостохранилище МЗИУ, у. е.

ет 21 млн т, из которого 30 % – это кондиционная масса с содержанием золота 1,5 у. е.

Таким образом, принятыми мерами Навоийского ГМК расширена минерально-сырьевая база МЗИУ по объектам Марджанбулакского рудного поля, что обеспечит стабильную работу золотодобывательного комплекса на много лет вперед.

Заключение

В завершение можно констатировать, что в настоящее время состояние золоторудной минерально-сырьевой базы Навоийского ГМК удовлетворяет растущим потребностям, и обеспеченность запасами перерабатывающих комплексов комбината весьма высока. Актуальной задачей предприятия является наращивание запасов промышленных категорий на флангах и глубоких горизонтах разрабатываемых месторождений, а также освоение новых минеральных объектов на территории региона.

Библиографический список

1. Viljoen M. The life, death and revival of the central Rand Goldfield // World Gold Conference 2009 – Johannesburg. The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2009. # 135–138.
2. Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // Gondwana Research. 2014. Vol. 25. No. 1. P. 48–102.
3. Wang Chenghui, Xu Jue, Huang Fan. Resources Characteristics and Outline of Regional Metallogeny of Gold Deposits in China // Acta Geologica Sinica. 2014. Vol. 88. Iss. 12. P. 2313–2325.
4. Zhang Wen-Zhao, Qing Min, Niu Gu-Yi, Wang Ke-Qiang, Huang Hui, Wang Mei-Juan. An overview of type, spatial-temporal distribution and prospecting of gold deposits in China // Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry. 2014. Vol. 33. No. 5. P. 721–732.
5. Malatse M., Ndlovu S. The viability of using the Witwatersrand gold mine tailings for brickmaking // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2015. Vol. 115. Iss. 4. P. 321–327.
6. Costanza R., Faramonti L., Kubiszewski J. The UN Sustainable Development Goals and the dynamics of well-being // Frontiers in Ecology and the Environment. 2016. Vol. 14. Iss. 2. P. 59.
7. Богуславская Л. И. Рыночная капитализация и ее влияние на развитие золотодобывающих компаний // Золото и технологии. 2011. № 4. С. 20–23.
8. Волков А. В. Государственно-частное партнерство в геологоразведке // Золото и технологии. 2014. № 1. С. 42–46.
9. Садовников Н. И. Правовое регулирование геологического изучения недр, осуществля-

емого за счет средств федерального бюджета (на примере ТПИ) // Недорогопользование. XXI век. 2014. № 5. С. 29–23.

10. Фридовский В. Ю., Пелудиникова Л. И., Гамзин Г. Н., Соловьев Е. Э. Орогенные золотоносные месторождения со значительным ресурсным потенциалом центральной части Яно-Колымского пояса // Разведка и охрана недр. 2015. № 11. С. 3–9.
11. Ха Цзиньчэнь, Чжан Дандань, Лю Минцуй, Ли Яньин. Минерально-сырьевая база Китая // Горный журнал. 2017. № 7. С. 32–38. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.06
12. Ахмедов А. Минерально-сырьевая база народного хозяйства Узбекистана и перспективы ее развития // Горный журнал. 2002. Спец. выпуск. С. 28–31.
13. Кадиров А. А., Санакulov К. С., Бибик И. П. Концептуальные основы стратегии инновационного развития Кызылкумского региона. – Ташкент : Узбекистан, 2013. – 395 с.
14. Санакulov К. С. Основные направления инновационного развития производства на Навоийском горно-металлургическом комбинате // Горный журнал. 2016. № 2. С. 5–11. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.01
15. Золоторудное месторождение Мурунтау. – Ташкент : Фан, 1998.
16. Образцов А. И. Месторождения Мурунтау: опыт изучения и разработки. – Ташкент : Фан, 2001. – 211 с.
17. Санакulov К. С., Эргашев У. А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. – Ташкент: ПП «НИИМР», 2014. – 286 с.
18. Хамроев И. М. Многофакторная модель золоторудных месторождений Чаританского рудного поля // Руды и металлы. 2007. № 5. С. 68–77.
19. Санакulov К. С. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент : Фан, 2009. – 432 с. □

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 22–32
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.01

Gold reserves of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat

Information about authors

I. O. Khamrov¹, Deputy Chief Geologist for Main Activity, Candidate of Geology-Mineralogical Sciences, i.khamrov@ngmk.uz

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The article gives a detailed characteristic of gold reserves of four mine managements within the structure of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Republic of Uzbekistan: Central, North, South and Hydrometallurgical Works 1 Managements, Navoi.

The major mineral objects of the Central Mine Management are the Muruntau and Myutenbai deposits developed by the open-pit method. Discovery of the former – the unique Muruntau deposit – was acknowledged by the international geological society as the greatest event in the second half of the 20th century in the area of gold mining, and became the first-string milestone on the way of industrial and social development in the wild areas in the west of Uzbekistan. The current depth of Muruntau open pit mine is 600 m, while the project depth of the joint open-pit workings (with Myutenbai) is down to 1000 m. The reserves of the North Mine Management are composed of the Koipatas and Daugyttau deposits under open pit mining. The major reserves (up to 80 %) are represented by rebellious gold and sulphide ore subjected to processing by bacterial leaching. Hydrometallurgical Works 1 Management was founded in 1921. Previously (in 1993), based on the vacant uranium production capacities, a process line was created at the Works for nonprofitable gold ore from the Muruntau deposit. Later on, the Works was supplied by ore reserves from the Zhetidin and Anslantau deposits developed mostly by the open-pit method.

The mineral deposits of the South Mine Management are situated in the south of the country. They are mostly mined out using the hybrid method: open pit at the top and underground at the bottom. The remote Mardzhanbulak open-pit gold mine has its own processing plant. The problem of this mining area is depletion of the reserves as the ultimate project pit limit is reached and the volume of stripping is increased. The problem is solved by means of revision of the project pit limits, prospecting of new reserves and amendment of mineral quality standards.

Keywords: mineral reserves, mine management, hydrometallurgical works, deposit, ore, resources, content, mining depth, geological exploration.

References

1. Viljoen M. The life, death and revival of the central Rand Goldfield. World Gold Conference 2009. Johannesburg. The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2009. pp. 131–138.

2. Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. Gondwana Research. 2014. Vol. 25. No. 1. pp. 48–102.
3. Wang Chenghui, Xu Jue, Huang Fan. Resources characteristics and outline of regional metallogeny of gold deposits in China. Acta Geologica Sinica. 2014. Vol. 88. Iss. 12. pp. 2315–2325.
4. Zhang Wen-Zhao, Qing Min, Niu Gu-Yi, Wang Ke-Qiang, Huang Hui, Wang Mei-Juan. An overview of type, spatial-temporal distribution and prospecting of gold deposits in China. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry. 2014. Vol. 33. No. 5. pp. 721–732.
5. Malatse M., Ndlovu S. The viability of using the Witwatersrand gold mine tailings for brickmaking. The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2015. Vol. 115. Iss. 4. pp. 321–327.
6. Costanza R., Faramonti L., Kubiszewski J. The UN Sustainable Development Goals and the dynamics of well-being. Frontiers in Ecology and the Environment. 2016. Vol. 14. Iss. 2. p. 59.
7. Boguslavskaya I. I. Market capitalization and effect on development of gold mining companies. Zoloto i tekhnologii. 2011. No. 4. pp. 20–23.
8. Volkov A. V. Public and private business partnership in geological exploration. Zoloto i tekhnologii. 2014. No. 1. pp. 42–46.
9. Sadovnikov N. I. Legal regulation of geological study, financed by the Federal budget (for example, solid minerals). Nedropolzovanie XXI vek. 2014. No. 5. pp. 20–23.
10. Fridovskiy V. Yu., Peludnikova L. I., Gamyagin G. N., Soloviev E. E. Orogenic gold deposits with significant resource potential of central part of the Yana-Kolyma belt. Prospect and protection of mineral resources. 2015. No. 11. pp. 3–9.
11. He Zhen, Zhang Dandan, Liu Minyui, Li Jianming. Mineral resource base of China. Gornyi Zhurnal. 2017. No. 7. pp. 32–38. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.06
12. Akhmedov A. A. Mineral reserves and prospects of the national economy in Uzbekistan. Gornyi Zhurnal. 2002. Special issue. pp. 28–31.
13. Kadirov A. A., Sanakulov K. S., Bibik I. P. Conceptual basis of innovation development strategy in Kyzylkum region. Tashkent: Uzbekistan, 2013. 395 p.
14. Sanakulov K. S. Major trends in the innovative development of Navoi Mining and Metallurgy Company. Gornyi Zhurnal. 2016. No. 2. pp. 5–11. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.01
15. Muruntau Gold Deposit. Tashkent: Fan, 1998.
16. Obraztsov A. I. Muruntau Deposit. Exploration and Mining Experience. Tashkent: Fan, 2001. 211 p.
17. Sanakulov K. S., Ergashev U. A. Theory and practice of mastering of processing of gold-bearing refractory Kyzylkum ores. Tashkent: State Enterprise "Scientific-Research Institute of Mineral Resources", 2014. 286 p.
18. Khamrov I. O. Multi-factor model of gold deposits in the Chirchik area province. Rudi i metalli. 2007. No. 5. pp. 68–77.
19. Sanakulov K. S. Scientific and technical basis of processing of mining-metallurgical production wastes. Tashkent: Fan, 2009. 432 p.

УДК 622.271.326

ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЕ ВСКРЫТИЕ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ КАРЬЕРА «МУРУНТАУ»



У. У. ЮЛДОШЕВ,
начальник горного отдела,
и.и. yuldotshev@ngmk.uz,
ГП «Навоийский горно-металлургический
комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

Мировая практика горного производства свидетельствует о росте глубины открытых горных разработок [1]. Уже сейчас к суперглубоким карьерам относят следующие: «Чуикамата» (1000 м), «Бингем-Каньон» (1200 м), «Эскондида» (800 м), «Качарский» (720 м), «Ингулецкий» (700 м) и др.

Стратегически важной задачей рентабельного освоения запасов глубоких карьеров является выбор оптимального варианта схемы вскрытия [2–12].

В число глубоких карьеров входит и карьер «Мурунтау», расположенный в Центральных Кызылкумах. В настоящее время он достиг глубины 600 м, в стратегическое направление развития карьера нацелено на отработку запасов, сконцентрированных на глубине до 1000 м. Вовлечение в промышленное освоение запасов глубоких горизонтов карьера стало возможным в результате снижения бортового содержания полезного компонента, роста перерабатывающих мощностей предприятия и изменившейся конъюнктуры рынка по сравнению с подсчетом запасов, выполненным в 2008 г.

Рентабельность отработки запасов карьера на глубоких горизонтах достигается за счет правильного выбора вида транспорта, схемы вскрытия и параметров устойчивых бортов.

На карьере «Мурунтау» с начала эксплуатации был осуществлен ряд существенных технических нововведений, направленных на оптимизацию процессов горного производства и снижение затрат: внедрение циклично-поточной технологии (ЦПТ) (1984 г); поэтапный переход от использования самосвалов грузоподъемностью 27 т к 40, 75, 130, 180, 220 т в комплексе с экскаваторами с ковшами вместимостью от 4 и 8 м³ до 10, 12, 15 и 20 м³; внедрение крутонаклонных конвейерных подъемников с заменой ЦПТ КНК-30 на КНК-270 (2011 г).

Схема вскрытия рабочих горизонтов карьера IV очереди, формирование которого началось в 1995 г., предусматривала формирование четырех капитальных траншей внутреннего заложения на северо-восточной (СВ), юго-западной (ЮЗ), южной (Ю), юго-восточной (ЮВ) частях карьерного поля. С 2011 г. началось внедрение комплекса ЦПТ-руда КНК-270, ЦПТ-порода ЮВ и после-

Осуществлена технико-экономическая оценка различных вариантов вскрытия глубоких горизонтов карьера «Мурунтау» наклонными стволами с конвейерными подъемниками.

Ключевые слова: глубокие карьеры, циклично-поточная технология, наклонный ствол, схема вскрытия, приведенные затраты, устойчивость бортов, направление горных работ.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.02

довательная ликвидация наклонной линии ЦПТ-порода Ю, функционировавшей в контурах III очереди и состоящей из трех каскадов дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП).

Принятые решения на схеме вскрытия с применением комбинированного вида транспорта в карьере IV очереди позволили обеспечить необходимую производительность карьера и сохранить эксплуатационные затраты на прежнем уровне. Вместе с тем по мере доработки карьера в контурах IV очереди по принятой транспортной схеме расстояние и высота внутри карьерных перевозок будут значительно увеличиваться, что приведет к росту затрат на перемещение горной массы.

При положительных в целом результатах эксплуатации ЦПТ-порода Ю на протяжении 30 лет приходится учитывать, что горно-геологические условия на участке размещения наклонных конвейеров с каскадами дробилок усложнились с появлением опасности деформации борта. Исходя из этого, группой специалистов НГМК и института «Узгеорангметипти» при проработке технических решений проекта V очереди карьера с целью обеспечения длительной (более 50 лет) и надежной эксплуатации комплекса ЦПТ было принято решение внедрить комплекс ЦПТ-руда с размещением конвейерного подъемника в подземной вскрывающей выработке — наклонном стволе, что позволит сократить объем вскрышных пород на глубоких горизонтах и увеличить поток рудной массы; дополнительным преимуществом станет нахождение наклонного ствола за линией возможной деформации борта [13–16].

Технико-экономическая оценка вариантов вскрытия с применением наклонных конвейерных стволов

Транспортирование вскрышных пород и минерализованной массы (бедная руда на выщелачивание) предусматривается наклонными конвейерными линиями ЦПТ-СВ, ЦПТ-Ю, ЦПТ-ЮВ. Комплекс ЦПТ-руда КНК-270 по завершении горных работ в контурах IV очереди подвергается демонтажу. При этом необходимо рассмотреть возможность применения его на предельном сформировавшемся участке борта карьера V очереди, который повторял бы предыдущую конструкцию борта.

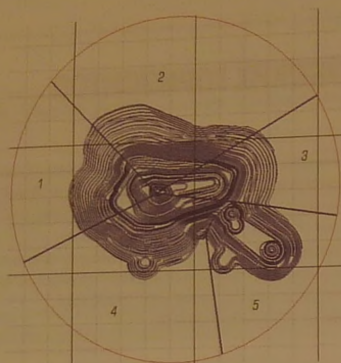


Рис. 1. Разделение карьера на технологические зоны

Комплексы подземных выработок, рассмотренные в проектных решениях, состоят из двух наклонных стволов с конвейерными линиями, квершлагов (или уклонов, бремсбергов), камер перегрузки. Теоретически определены варианты размещения наклонных стволов относительно борта карьера перпендикулярно и параллельно, а также под углом наклона к горизонтали, характеризующиеся своими условиями эксплуатации, обслуживания, механизации вспомогательных работ.

Выбор варианта размещения определяется порядком подготовки рабочих горизонтов и системой разработки. При перпендикулярном размещении наклонного ствола к борту карьера существенно увеличивается длина квершлагов и расстояние транспортирования конвейерным транспортом. Увеличивается также расстояние транспортирования горной массы автомобильным транспортом к перегрузочным пунктам. Расположение наклонного ствола вдоль борта характеризуется меньшими объемами горно-капитальных работ, более коротким сроком ввода его в эксплуатацию и охватом значительной части карьера, что позволяет сократить расстояние транспортирования.

Схемы вскрытия неотъемлемо связаны с формированием грузопотоков на породное, минерализованное и рудное направления. Условно разделив оптимизированную финальную форму ка-

рьера на технологические зоны, получим распределение объемов горной массы и руды в зависимости от расположения бортов карьера (рис. 1, табл. 1).

Отработка запасов зон с минимальными затратами на транспортирование горной массы может быть достигнута при правильным обоснованием плеча откатки руды и породы и рациональным подбором транспортных коммуникаций к центру тяжести рудного тела.

Для обоснования оптимального варианта транспортирования руды по подземному конвейерному подъемнику необходимо рассмотреть трассировку наклонного ствола, при котором достигается поэтапное вскрытие горизонтов с наименьшими капитальными затратами и оптимальными расстояниями доставки автомобильным транспортом.

На рис. 2 приводятся варианты трассировки наклонного ствола комплекса ЦПТ-руда с размещением перпендикулярно западному борту (а), параллельно северному борту (б); параллельно юго-западному борту (в).

Перпендикулярное размещение ствола было рассмотрено в вариантах 1, 2, 3, 3-1 с разными углами падения к горизонтали (8, 12, 15°); с применением рудоспусков в вариантах 1, 2, 3 и без них в варианте 3-1 (табл. 2). Также было рассмотрено параллельное размещение ствола к борту карьера в вариантах 4 и 5.

В вариантах 1 и 2 при угле наклона ствола 8 и 12° соответственно достигается беспрепятственное использование самоходной техники при проходке ствола и обслуживании конвейерного оборудования, но необходимы большие объемы горно-капитальных работ по сравнению с остальными вариантами. Варианты 3 и 3-1 отличаются лишь сечением стволов и применением в варианте 3-1 вместо рудоспусков горизонтальных квершлагов. В вариантах 4 и 5 смещение концентрационных горизонтов при вскрытии горизонтов обеспечивается в вертикальном и горизонтальном направлениях, тогда как в остальных – только в вертикальном.

Экономическую эффективность системы вскрытия можно оценить по сумме всех затрат на строительство и транспортирование за период разработки месторождения. В качестве критерия при выборе оптимального варианта принята величина приведенных затрат:

$$Z_i = \frac{C_i + EK_i}{Q}, \text{ долл. США/т,}$$

Таблица 1. Распределение объемов вскрыши, минерализованной массы и руды по зонам, %

Показатель	Зона 1 (запад)	Зона 2 (север)	Зона 3 (восток)	Зона 4 (юг)	Зона 5 (Мюстенбай)	Всего
Доля горной массы в общем объеме	13,5	22,3	25,8	24,8	13,5	100
Вскрышные породы	41,8	33,7	41,9	30,6	85,5	43,1
Минерализованная масса	25,5	31,9	19,9	37,1	1,7	25,2
Руда	32,7	34,3	38,2	32,3	12,8	31,7
Доля вскрышных пород и минерализованной массы в общем объеме	13,4	21,4	23,4	24,6	17,2	100
То же	14,0	24,2	31,1	25,3	5,5	100

где C_i – сумма эксплуатационных затрат по i -му варианту, долл/год; E – ставка дисконтирования; K_i – сумма капитальных затрат по i -му варианту; Q – объем транспортирования, т/год.

Наименьшее значение приведенных затрат будет соответствовать оптимальному варианту. Как следует из данных табл. 2, для карьера «Мурунтау» таким является вариант 5. Окончательное решение по выбору варианта вскрытия глубоких горизонтов карьера предстоит сделать инженерно-техническому совету комбината с учетом дополнительных обстоятельств и факторов.

Направления развития горных работ на начальном этапе вскрытия запасов карьера V очереди определяются в зонах с наименьшим коэффициентом вскрыши. В этом плане выделены северный, западный и южный борта карьера, в восточный борт, хотя и имеет самый низкий коэффициент вскрыши, придерживается из-за расположения на нем крутонаклонного конвейера КНК-270, который будет функционировать до завершения горных работ в контурах карьера IV очереди.

Производительность горного комплекса по выемке горной массы в настоящее время составляет 42 млн м³ в год. Переход к очередному этапу реконструкции карьера V очереди требует

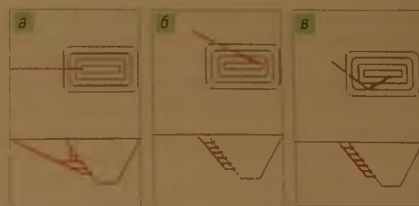


Рис. 2. Варианты вскрытия глубоких горизонтов с применением подземных выработок

увеличения объемов выемки горной массы в количестве до 70 млн м³ в год на протяжении 10 лет с целью создания запасов в контурах V очереди, необходимых для загрузки мощностей перерабатывающего комплекса в период после затухания горных работ в контурах карьера IV очереди. Наравнявания величины грузопотоков можно достичь за счет увеличения единичной мощности горнотранспортного оборудования, сокращения расстояния

Таблица 2. Оценка вариантов размещения наклонного ствола (ЦПТ-руда) при открыто-подземном вскрытии глубоких горизонтов карьера «Мурунтау»

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 3-1	Вариант 4	Вариант 5
Место расположения ствола по бортам	Западный	Западный	Западный	Западный	Юго-западный	Северный
Угол наклона ствола, град	8	12	15	15	15	15
Длина наклонного ствола, км	6,143	3,992	3,207	3,207	3,5	3,246
Объем проходки стволов (без камерных выработок, сбоек, штолен, квершлага и уклонов), м ³	390388	253692	203805	201400	219800	203849
Длина магистрального конвейера до ГМЗ, км	0,9	3,1	3,86	3,86	5,6	5,6
Число подземных камер перегрузки на поверхности	7/1	4/2	3/2	3/2	3/3	3/3
Объем камер перегрузки, всего, м ³	35000	20000	15000	15000	15000	15000
Общая длина квершлага (уклонов), м	8006	5836	4960	8145	3600	4400
Объем проходки квершлага, м ³	140185	102188	86850	142619	63036	77044
Объем проходки 2 рудоспускных диаметром 6 м, м ³ , высотой 150 и 300 м соответственно	14130	14130	14130	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Сбойка с подземной шахтой	Не имеется	Не имеется	Не имеется	Не имеется	Не имеется	Имеется
Число забоев при проходке наклонного ствола	1	1	1	2	2	3
Условное среднее расстояние транспортирования к концентратным горизонтам по горизонтали, км	3,68	3,68	3,68	3,68	3,33	3,16
Всего длины трессы ЦПТ до ГМЗ, км	7,563	7,612	7,587	7,587	9,6	9,346
Капитальные затраты на проходку, долл. США	139968996	98236591	82786979	78984081	65523920	65096416
Капитальные затраты на оборудование ЦПТ, долл. США	97624960	83562240	78087040	78087040	96320000	92581120
Условно-эксплуатационные затраты по ЦПТ, долл/год	11117610	11189640	11152890	11152890	14112000	13738620
Условно-эксплуатационные затраты по автотранспорту, долл/год	32457600	32457600	32457600	32457600	29370600	27871200
Ставка дисконта для эффективности капитальных вложений, %	10	10	10	10	10	10
Приведенные затраты, долл/т	1,603	1,472	1,421	1,412	1,421	1,366

доставки самосвалами и увеличения доли транспортирования конвейерным транспортом до 80 % горной массы [14].

Транспортная схема вскрышного грузопотока также предусматривает комплексы ЦПТ в направлениях северо-востока, юго-востока, охватывая основные объемы вскрышки по зонам. Всего суммарный объем транспортирования, достигаемый комплексами ЦПТ в проектных решениях V очереди, составляет 61 млн м³, достигающийся за счет своевременного внедрения комплексов ЦПТ и увеличения доли экскаваторов с ковшом вместимостью 20 м³. Вместе с интенсификацией горных работ эксплуатация сверхглубокого карьера в первый период его развития будет требовать решения сложных инженерных задач по обеспечению устойчивости уступов и бортов, поставленных в конечное положение [8–11].

Следует отметить, что в настоящее время изученность геологических и гидрогеологических условий месторождения Мурунтау в пределах верхних горизонтов карьера вполне достаточна для выполнения прогнозных расчетов устойчивости бортов на этих горизонтах. Но при этом для обоснования углов откосов уступов на

нижних горизонтах информации недостаточно, в связи с чем необходимо в течение ближайших лет провести инструментальные инженерно-геологические изыскания по глубоким горизонтам месторождения.

Постановка бортов карьера в конечное положение становится одним из главных производственных процессов. Пункты ДПП внедряемых комплексов ЦПТ будут поэтапно опускаться по мере вскрытия горизонтов наклонными траншеями традиционной формы, при этом устойчивость бортов будет играть важную роль в долгосрочной эксплуатации конвейеров и вскрывающих выработок.

Заключение

Дальнейшее углубление карьера «Мурунтау» требует пересмотра проектных решений по вскрытию его глубоких горизонтов с сохранением преимуществ использования циклично-поточной технологии горных работ. Предложен способ вскрытия с размещением конвейерных подъемников в наклонных стволах, проходимых вдоль конечного контура карьера. Осуществлено технико-экономическое сравнение возможных вариантов транспортных схем.

Библиографический список

1. Ильин С. А., Коваленко В. С., Постыхин Д. В. Открытый способ разработки месторождений: возможности и пути совершенствования // Горный журнал. 2012. № 2. С. 37–40.
2. Четверухин М. С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте – Киев: Наукова думка, 1986. – 188 с.
3. Джикидзе А. Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы. – Днепрпетровск: ГВЗ «НТУ», 2011. – 542 с.
4. Леонтьев А. А., Белогородцев О. В., Громов Е. В., Казачков С. В. Вскрытие глубоких горизонтов карьера «Железный» Ковдорского ГОКа подземными выработками // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 212–220.
5. Мельник-Гайдуков И. В., Данилишин А. А. Основные аспекты создания глубокого карьера Ковдорского ГОКа // Горное дело. 2015. № 1(3). С. 15–22.
6. Кумусов Т. М., Кумусов В. Х. Методика формирования погрузочно-транспортного комплекса глубоких карьеров полиметаллических руд // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 4. С. 105–116.
7. Cheban A. Yu., Sekirsov G. V., Khrunina N. P., Shenyaykin S. A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining // Eurasian Mining. 2014. No 1. P. 22–24.
8. Ali M. A., Moritz Q. Determination and stability analysis of ultimate open-pit slope under geomechanical uncertainty // International Journal of Mining Science and Technology. 2014. Vol. 24. Iss. 1. P. 105–119.
9. Xu X.-G., Gu X.-W., Wang, Q., Liu J.-P., Wang J. Ultimate pit optimization with ecological cost

- for open pit metal mines // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 2014. Vol. 24. Iss. 5. P. 1531–1537.
10. Fang N., Ji C., Crusoe G. E. Stability analysis of the sliding process of the west slope in Buzhaoba Open Pit Mine // International Journal of Mining Science and Technology. 2016. Vol. 26. Iss. 5. P. 869–875.
11. Balyieva A. A., Altayeva A. A., Sedina S. A., Shamganova L. S., Tulebayev K. K. Sarbai mining open pit stable state edges geomechanical monitoring using software Usto4cu // Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (ISGEM 2016). – New York: Curran Associates, 2016. Vol. 2. No. 2. P. 525–530.
12. Samavat M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A local branching heuristic for the open pit mine production scheduling problem // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 257. Iss. 1. P. 261–271.
13. Щелканов В. А. Подземные выработки на карьерах. – М.: Недра, 1982. – 129 с.
14. Бочурина Н. И., Решетняк С. П. Технико-экономическое обоснование структуры и параметров внутрикарьерного транспорта для мощных глубоких карьеров // Открытые горные работы в XXI веке: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2011. С. 125–132.
15. Иудашев У. У. В очередь развития карьера «Мурунтау» Навоийского ГМК // Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития: VIII Междунар. науч.-техн. конф. – Навои, 2015. С. 87–88.
16. Иудашев У. У. Развитие глубокого карьера Мурунтау в новых границах V очереди // Горный вестник Узбекистана. 2016. № 1(64). С. 22–25. 

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 33–37
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.02

Open/cast/underground access to deep levels at Muruntau open pit mine

Information about authors

И. В. Иудашев – Head of Mining Department, uu.iudashov@ngmk.uz
Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

Currently, Muruntau open pit mine (Central Kyrgyz Republic of Uzbekistan) has reached the depth of 400 m. The objective is set to continue open/cast mining 400 m deeper so that the ultimate depth of the open pit is 1000 m, and the mine will become one of the superdeep open pits in the world. It is also settled to preserve the current cyclical and continuous method of mining based on the combination of internal motor transport with conveyor lift and delivery of rocks to unloading points on the surface.

Due to high rate expansion of pit wall limits during deeper level mining, it is impossible to install conveyors on the pit walls (as was practiced ever before). A single way out is to arrange hoists in inclined

shafts driven outside the ultimate pit limits. Accordingly, the question is, where to place the hoists relative to the open pit boundaries. This article presents feasibility studies of 5 alternative arrangements of hoisting shafts: perpendicular and in parallel to pit walls and with differently directed approachways (from the north, west, etc.). As a result of the comparison, it is recommended to use the variant of parallel (longitudinal) arrangement of the hoisting conveyor northward of the ultimate pit limits.

Keywords: deep open pit mines, cyclical-and-continuous method, inclined shaft, access scheme, reduced cost, pitwall stability, mining advance

References

1. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Open method of mining: opportunities and ways. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 2. pp. 37–40.
2. Chetverik M. S. Accessing Deep Levels in Open Pit Mines with Intermodal Transport. Kiev: Naukova dumka, 1986. 188 p.
3. Drizhenko A. Yu. Mining and Transport Process Flowcharts in Open Pit Mines. Dnepropetrovsk: NGU, 2011. 542 p.
4. Leontiev A. A., Belogorodtsev O. V., Gromov E. V., Kazachov S. V. Deep levels opening by the underground workings at the Zheleznyy Mnt. Kirovskiy GOR. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2013. No. 4. pp. 212–220.
5. Melik-Galkazev I. V., Danilkin A. A. Basic aspects of deep open pit mine creation at the Kordai Mining and Processing Plant. *Gornoe delo*. 2015. No. 1(3). pp. 15–22.
6. Kurnykova T. M., Kurnikov V. Kh. Method of shaping loading-and-transportation system in deep open pit complex ore mines. *Journal of Mining Science*. 2017. Vol. 53, Iss. 4. pp. 708–717.
7. Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Khurina N. P., Shemyakin S. A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining. *Eurasian Mining*. 2014. No. 1. pp. 22–24.
8. Ali M. A., Morieza O. Determination and stability analysis of ultimate open-pit slope under geomechanical uncertainty. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2014. Vol. 24, Iss. 1. pp. 105–110.
9. Xu X.-C., Gu X.-W., Wang Q., Liu J.-P., Wang J. Ultimate pit optimization with ecological cost for open pit metal mines. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2014. Vol. 24, Iss. 5. pp. 1531–1537.
10. Fang M., Ji C., Crusoe G. E. Stability analysis of the sliding process of the west slope in Buzhaoba Open-Pit Mine. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2016. Vol. 26, Iss. 5. pp. 869–875.
11. Baltiyeva A. A., Altayeva A. A., Sedina S. A., Shamganova L. S., Talebayev K. K. Sarbai mining open pit stable state edges geomechanical monitoring using software Ustoddu. *Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (ISGEM 2016)*. New York: Curran Associates, 2016. Vol. 2, No. 2. pp. 525–530.
12. Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A local branching heuristic for the open pit mine production scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. 2017. Vol. 257, Iss. 1. pp. 267–271.
13. Shchelkanov V. A. Underground Excavations at Open Pit Mines. Moscow: Nedra, 1982. 129 p.
14. Baichunina N. I., Reshetnyak S. P. Technical and economic substantiation of structure and parameters of internal transport for high-production deep open pit mines. *Open Pit Mining in the 21st Century: International scientific and practical conference proceedings, Krasnoyarsk*, 2011. pp. 125–132.
15. Ildoshev U. U. Muruntai open pit mining phase V at the Namik Mining and Metallurgical Works. *Mining and Metallurgy – Achievements, Problems, and Current Trends: VIII International Scientific and Technical Conference Proceedings, Novosibirsk*, 2015. pp. 87–88.
16. Ildoshev U. U. Development of deep Muruntai open pit within new limits of phase V. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2016. No. 1(64). pp. 22–25.

Уважаемые работники и ветераны Навоийского горно-металлургического комбината!

Издательский дом «Руда и Металлы» поздравляет коллектив комбината со знаменательной датой – 60-летним юбилеем предприятия.

На протяжении многих лет главный печатный орган Издательского дома – «Горный журнал» публиковал на своих страницах материалы, отражающие развитие комбината, который всегда был и сегодня остается одним из мировых лидеров золотодобычи. Наши деловые отношения характеризуются высоким профессионализмом и взаимопониманием; они основаны на объективной оценке технологического продвижения комбината. Все это отражается в статьях, украшающих «Горный журнал», поднимая на новую ступень авторитет комбината и журнала.

На титуле журнала есть имя Навоийского горно-металлургического комбината, как символ причастности к обоим успехам предприятия и «Горного журнала».

Труд многотысячного коллектива комбината достоин искреннего уважения, его трудовые достижения известны не только в Республике Узбекистан, но и далеко за его пределами, а юбилей – это важная дата, вокруг которой формируется историческая летопись республики и ее славного предприятия, когда подводятся промежуточные итоги и ставятся новые амбициозные задачи.

Пусть годы грядущие принесут вам новые трудовые победы, новые творческие свершения. Желаем вам здоровья, счастья, благополучия и успехов, а комбинату – дальнейшего процветания.

**Редколлегия и редакция «Горного журнала»
и весь коллектив АО «Издательский дом «Руда и Металлы»**

УДК 622.271.522.342.1

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ



Ш. Ш. МИРЗАЕВ,
ведущий инженер по открытым горным
работам горного отдела,
info@ngmk.uz,
ГГ «Навийский горно-металлургический
комбинат», Навоий, Узбекистан

Введение

Промышленный комплекс Навийского ГМК по добыче и переработке золотосодержащих руд в течение многих лет работает стабильно с высокими технико-экономическими показателями. За годы независимости Республики Узбекистан выпуск продукции комбината возрос более чем в 1,5 раза. Эти достижения стали возможными за счет полного технического перевооружения и внедрения новейших научно-технических разработок, значительно повышающих эффективность производства.

К числу важнейших факторов экономического развития региона и страны в целом относится природно-ресурсный потенциал. Рациональное использование этого потенциала позволяет снизить материалоемкость продукции, обеспечить рост производительности труда и повысить эффективность региональной экономики.

Основу природно-ресурсного потенциала составляет минерально-сырьевая база [1]. Именно она в решающей степени определяет уровень добычи золота на Навийском горно-металлургическом комбинате. Реализуемая сейчас на предприятии программа по увеличению производства драгоценных металлов на период 2017–2026 гг. предусматривает наращивание минерально-сырьевой базы НГМК.

В настоящее время добыча золота на комбинате ведется в основном на крупных и средних по размерам месторождениях, обрабатываемых общепринятым валовым методом. По мере истощения запасов на таких объектах все более актуальным становится вопрос вовлечения в разработку мелкомасштабных месторождений в Кызылкумском и Нуратинском регионах страны, на территории которых расположено множество мелких залежей золота [2–6]. На их долю приходится 8–10 % запасов коренных месторождений НГМК.

Предложена технологическая схема селективной обработки золотосодержащих залежей на уступах с применением гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата».

Ключевые слова: золотодобыча, мелкомасштабные золоторудные месторождения, оптимизация, гидравлический экскаватор, разработка, селективная выемка, потери и разубоживание.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.03

Ускоренное освоение малых золоторудных месторождений сдерживается отсутствием эффективных технологий и соответствующей техники. В связи с этим создание ресурсосберегающей технологии малобъемной добычи золота является важной технико-экономической задачей.

Авторами статьи проанализирован опыт обработки небольших месторождений открытым способом [7–12]. Установлено, что универсальной технологии освоения мелких минеральных объектов не существует, так как каждое месторождение имеет свои особенности вещественного и минерального состава, форм нахождения полезных компонентов и характера их ассоциации с рудными минералами. Вместе с тем выяснилось, что добыча золота мелкими рудниками рентабельна на месторождениях с запасами руды 0,5–1,2 млн т. Экономический эффект здесь связан с быстротой окупаемости капиталовложений и высоким процентом прибыли в связи с малыми затратами финансовых и материальных ресурсов на строительство мелких рудников, обустроенных передвижными дробильными установками (ПДУ), легко перемещаемыми от отработанного мелкомасштабного месторождения к новому.

Разработка мелкомасштабных объектов может быть экономически целесообразной при внедрении новой технологии, основанной на применении гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» [13–19]. Селективная выемка маломощных рудных тел с любым углом падения такими экскаваторами ведет к сокращению потерь полезного ископаемого в процессе добычи на 3–4 %. Потери полезного ископаемого возникают в основном в результате применения техники и технологий, не соответствующих горно-геологическим условиям разрабатываемого месторождения. Разубоживание руд происходит при любых системах разработки

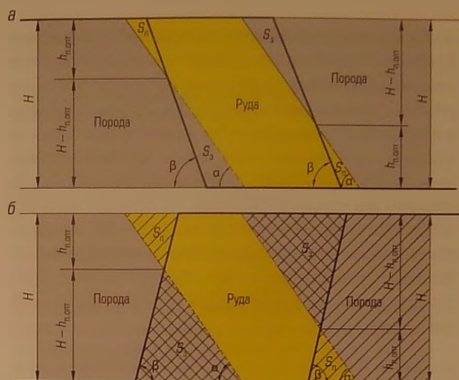


Рис. 1. Схема отработки контакта рудного тела с вмещающими породами согласным (а) и несогласным (б) забоем (фронт работ параллелен простиранию залежи)

рудных месторождений. Размер разубоживания зависит прежде всего от формы и размеров рудных тел, характера распределения в них полезных компонентов или рудных и безрудных прослоев. При селективной разработке месторождения открытым способом разубоживание руд всегда меньше, чем при массовой добыче.

Расчет потерь и разубоживания на уступе

Основным видом потерь и разубоживания руды при ведении добычных работ на мелкомасштабных месторождениях являются потери и разубоживание на контактах залежи с пустой породой. Они представляют собой треугольники теряемой руды и примешивающихся пород, образующихся из-за несоответствия углов откосов уступа с углом падения рудного тела (рис. 1). Размеры указанных треугольников зависят от угла падения рудного тела и высоты уступа.

Потери P , т, и засорение Z , т, при отработке наклонных контактов определяются по формулам:

$$P = S_n \gamma_1, \quad (1)$$

$$Z = S_z \gamma_2, \quad (2)$$

где S_n – площадь треугольника потерь, m^2 ; L – длина контакта «руда–порода» на горизонте, м; γ_1 – объемная масса руды, t/m^3 ; S_z – площадь треугольника засорения, m^2 ; γ_2 – объемная масса засоряющей породы, t/m^3 .

Площади треугольников потерь S_n и засорения S_z определяются по формулам:

$$S_n = 0,5 h_{n, \text{opt}}^2 (\text{ctg} \alpha \pm \text{ctg} \beta), \quad (3)$$

$$S_z = 0,5 (H - h_{n, \text{opt}})^2 (\text{ctg} \alpha \pm \text{ctg} \beta), \quad (4)$$

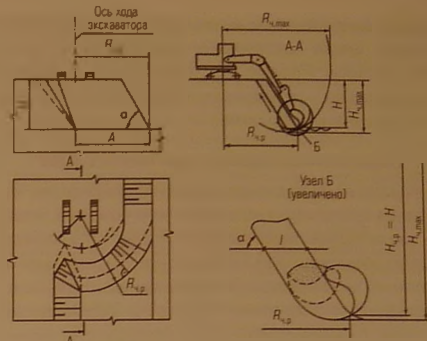


Рис. 2. Отработка забойного блока обратной гидравлической лопатой:

H – высота уступа, $H_{ч.б.}$ и $H_{ч. \text{max}}$ – высота черпания рабочая и максимальная соответственно; $R_{ч.б.}$ и $R_{ч. \text{max}}$ – радиус черпания рабочий и максимальный соответственно; A – ширина захватки

где $h_{n, \text{opt}}$ – оптимальная высота треугольника потерь, м; H – высота уступа на добыче, м; α – угол наклона контакта «руда–порода», град.; β – угол откоса рабочего уступа, град.

Знак «минус» в формулах (3) и (4) – для согласного забоя, знак «плюс» – для несогласного забоя (см. рис. 1).

Оптимальная высота треугольника потерь $h_{n, \text{opt}}$ определяется по формуле

$$h_{n, \text{opt}} = H \frac{(C_0 - b) \gamma_2}{(C - C_0) \gamma_1 + (C_0 - b) \gamma_2}, \quad (5)$$

где C_0 – бортовое содержание полезного компонента, %; b – содержание полезного компонента в засоряющих породах, %; C – содержание полезного компонента в погашенных запасах, %.

В работе осуществлено сравнение величин потерь и разубоживания при использовании прямых мехлопат и гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата». Выяснилось, что в первом варианте потери и разубоживание составили 7,1 и 14,2 % соответственно, в то время как во втором они меньше – 3,5 и 11,2 %.

Вообще одноковшовые гидравлические экскаваторы, в отличие от традиционных мехлопат, имеют высокие усилия копания, обладают большими возможностями для производства селективной выемки и могут вести зачистку подошвы забоя (использование дополнительного бульдозера при этом не требуется). Если у механических лопат и погрузчиков процесс черпания начинается у подошвы уступа, то гидравлические экскаваторы благодаря особой конструкции рабочего оборудования осуществляют копание с максимальным усилием на любой высоте внедрения ковша. По сравнению с колесными погрузчиками гидравлические экскаваторы имеют меньшее удельное давление на грунт, а скорость их передвижения в 4 раза больше, чем у экскаваторов с канатным

напором. Благодаря небольшим (по сравнению с погрузчиками) размерам ковша гидравлических экскаваторов достигается меньшая степень засорения руды. Более высокая техническая производительность гидравлических экскаваторов достигается за счет сокращения времени цикла.

Работа обратной гидравлической лопаты в забое

Конструкция обратной гидравлической лопаты позволяет осуществлять выемку породы верхним и нижним черпанием. Однако при работе верхним черпанием из-за особенности выполнения операции наполнения ковша (черпание с низким коэффициентом экскавации) производительность экскаватора невысокая. Поэтому фирмами-производителями рекомендуется работать нижним черпанием при высоте уступа 4–4,5 м, что обеспечивает высокую производительность машины.

Ниже рассмотрен порядок отработки забойного блока нижним черпанием обратной гидравлической лопатой (рис. 2).

По периметру забойный блок отработывается слопом сверху вниз. Такой порядок снятия слопов обеспечивает высокую производительность экскаватора. При выемке слопы ковш с помощью гидроцилиндров совершает поворот на 90° вокруг точки крепления к рукоятки и наполняется (см. узел Б на рис. 2).

Так как обратная лопата ведет черпание ниже уровня стояния и работает в тяговом режиме (движение ковша «на себя»), она по условию прочерпывания почвы или кровли рудного тела может работать с глубиной черпания до 10–11 м, в верхнем черпанием отработывать уступ высотой 4–4,5 м. Расположенная на верхней площадке уступа обратная лопата, работая траншейным забоем, может делать выемку прямоугольного сечения (с вертикальными стенками) или клинообразной формы, что позволяет уменьшить потери руды в результате отработки крутых (75–90°) рудных тел без оставления призм недобора. Возможно также образовать откос забоя ступенчатой формы. Это уменьшает осыпание руды с откоса уступа и засорение ее породой, что важно при селективной выемке.

Заключение

Предлагаемый способ селективной выемки руды с помощью гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» можно с успехом применить при освоении мелкомасштабных месторождений золота Центральных Кызылкумов. Это сыграет важную роль в расширении минерально-сырьевой базы Новойоского ГМК и в снижении себестоимости выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Turgulova K. K., Sultanmurat G. I., Boranbaeva B. M. Kazakhstan republic legislation law as a way to reduce negative impact on environment // CIS Iron and Steel Review. 2016. Vol. 1. P. 9–15. DOI: 10.17580/cisr.2016.01.02
2. Протеренко Г. А. Перспективы, проблемы и пути освоения маломасштабных месторождений золота Кызылкумского промышленного региона // Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом: сб. науч.-техн. ст. – Ташкент: Фан 1997. С. 224–230.
3. Протеренко Г. А., Рахимов В. Р., Лузановский А. Г. Основы разработки мелкомасштабных месторождений Кызылкума. – Ташкент: Фан, 2000. – 155 с.
4. Сангулов К. С., Модомов Ш. А., Воллев М. В. Проблемы развития инновационной деятельности Новойоского горно-металлургического комбината. – Бухара: Изд-во «Бухара», 2011. – 404 с.
5. Рахимов В. Р., Шеметов П. А., Фейнштин А. С. Разработка маломасштабных месторождений золота в сложных условиях Центральных Кызылкумов // Горный журнал. 2012. № 6. С. 65–70.
6. Кабаров А. А., Сангулов К. С., Бибиш И. П. Концептуальные основы стратегии инновационного развития Кызылкумского региона. – Ташкент: Изд-во «Ўзбекистон», 2013. – 796 с.
7. Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастухин Д. В. Повышение экономической эффективности открытых горных работ // Горный журнал. 2012. № 6. С. 56–65.
8. Катрич С. А., Катрич В. Г., Буриков А. М., Шарипов Б. Г., Гринков С. А. и др. Технологии стартовой добычи минеральных сырья на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями. – Новосибирск: Сиб. 2013. – 307 с.
9. Куркин Е. Г. Обоснование технологических комплексов оборудования для разработки на различных разрезах выделенных прикладными силовыми ресурсами показателей эффективности использования земельных ресурсов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 5. С. 35–42.
10. Golovina D., Teizer I., Pradhananga H. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment // Automation in Construction. 2016. Vol. 71. P. 99–115.
11. Nehring M., Knights P. F., Kizil M. S., Hay E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. Iss. 2. P. 205–214.
12. Whittle D., Brazil M., Grossman P. A., Rubinstein J. H., Thomas D. A. Combined optimisation of an open-pit mine outline and the transition depth to underground mining // European Journal of Operational Research. 2018. Vol. 268. Iss. 2. P. 624–634.
13. Шеметов П. А., Рубцов С. К., Шныков А. Г. Опыт эксплуатации гидравлических и канатных экскаваторов в карьере «Мурунтау» // Горный журнал. 2006. № 10. С. 67–71.
14. Куркин Е. В. Выемка маломощных пластов гидравлическими экскаваторами зарубежного производства // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. № 3. С. 3–5.
15. Хорешки А. А., Пудов Е. Ю. Проектирование перспективного конструктивного исполнения ковша гидравлического экскаватора схемы «обратная лопата» // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 8. С. 37–44.
16. Исаков А. Г. Экскаватор гидравлический Hitachi EX360-6 – лидер мировых продаж // Горная промышленность. 2014. № 2. С. 31.
17. Соломенников В. А., Ческдов В. И. Выбор комплексов погрузочно-транспортного оборудования для разработки месторождений твердых полезных ископаемых со сложными горно-геологическими условиями // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 6. С. 156–164.
18. Salnik K., Boskovic G., Nikolic M. Dynamic modelling of hydraulic excavator motion using Kane's equations // Automation in Construction. 2014. Vol. 44. P. 56–62.
19. Lee H. C., Gwak H.-S., Seo J., Lee D.-E. Eco-economic excavator configuration method // Automation in Construction. 2018. Vol. 86. P. 138–149. 

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 38–41
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.03

Resource saving technology for mining small gold deposits in the Central Kyzylkum by the opencast method

Information about authors

Sh. Sh. Mirzaev¹, Leading Engineer of Open Pit Mining, Mining Department, Info@ngmk.uz

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

One of the most important factors of economic development in a country or a region is ecological capital and resource potential based on mineral reserves. The latter is what crucially governs gold production level at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Republic of Uzbekistan.

Gold is currently mined at mostly large and medium-size deposits using the generally accepted gross method. As the reserves are being depleted, it is of the highest concern to start development of small gold deposits in the wild spaces of Kyzylkum and Nurata territories.

Having analyzed the international experience gained in open pit mining of small and remote mineral deposits, this article authors propose the technology of mining with hydraulic backhoe shovels for small gold deposits of Kyzylkum. Ore loss and dilution with gangue during operation of such shovels at mixed faces (ore and gangue) are calculated. It is found that as against the widely used front acting shovels, the hydraulic backhoe machines at complex faces allow reduction in ore loss and dilution by two times and 20%, respectively.

Keywords: gold mining, small-size gold deposits, optimization, hydraulic shovel, development, selective extraction, loss and dilution

References

1. Turgulova K. K., Sultanmurat G. I., Boranbaeva B. M. Kazakhstan Republic legislation law at a way to reduce negative impact on environment. *OIS Iron and Steel Review*. 2016. Vol. 1. pp. 9–15. DOI: 10.17580/oisr.2016.01.02
2. Prokhorov G. A. Prospects, problems and routes of development of small-size gold deposits in the Kyzylkum industrial region. *Theory and practice of open-pit mining of Muruntau open pit: collection of scientific and technical articles*. Tashkent: Fan, 1997. pp. 224–230.
3. Prokhorov G. A., Rakhimov V. R., Lukanovskiy A. G. Principles of mining small-size deposits of Kyzylkum. Tashkent: Fan, 2000. 155 p.

4. Sarikulov K. S., Madaminov Sh. A., Valiev M. V. Development Problems of Innovative Activities at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat. *Bukhara: Bukhara*, 2011. 404 p.
5. Rakhimov V. R., Shemetov P. A., Fedyanin A. S. Development of small-size gold deposits in difficult conditions of Central Kizilum. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 6. pp. 65–70.
6. Kadyrov A. A., Sarikulov K. S., Bibik I. P. Conceptual Framework of Innovative Development Strategy for the Kyzylkum Region. Tashkent: *Izdatel'stvo "Uzbekistan"*, 2013. 395 p.
7. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Parikhin D. V. Increasing of open-pit efficiency of open-pit. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 6. pp. 56–65.
8. Batugin S. A., Batugin M. S., Burakov A. M., Gennikov V. L., Ermakov S. A. et al. Open-pit Mining Technologies for Mineral Deposits with Difficult Ground Conditions. *Novosibirsk: Geos*, 2013. 307 p.
9. Kurekhin E. V. Substantiation of low-capacity equipment sets for open pit coal mining, considering land use efficiency. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 5. pp. 898–894.
10. Golovina O., Teszer J., Pradhananga M. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment. *Automation in Construction*. 2016. Vol. 71. pp. 99–115.
11. Nehring M., Knights P. F., Kizil M. S., Hay E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2016. Vol. 28, No. 2. pp. 205–214.
12. Whittle D., Bazin M., Grossman P. A., Rubinstein J. H., Thomas D. A. Combined optimization of an open-pit mine outline and the transition depth to underground mining. *European Journal of Operational Research*. 2018. Vol. 268, No. 2. pp. 624–634.
13. Shemetov P. A., Rubtsov S. K., Shlykov A. G. Operation experience of hydraulic and rope excavators in Muruntau quarry. *Gornyi Zhurnal*. 2006. No. 10. pp. 67–71.
14. Kurekhin E. V. Extraction of thin seams by horizon-manufacture hydraulic shovels. *Vestnik of Kuzbass State Technical University*. 2008. No. 3. pp. 3–5.
15. Khoshok A. A., Pudov E. Yu. Designing of Prospective Performance Bucket of Hydraulic "Backhoe" Excavator. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2014. No. 8. pp. 37–44.
16. Isakov A. G. Hitachi EX3600-6 hydraulic mining excavator – a global sales leader. *Gornaya promyshlennost*. 2014. No. 2. p. 31.
17. Solomennikov V. A., Cheskudov V. I. Selection of load-haul-dump machines for hard mineral mining in difficult mining and geological conditions. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 6. pp. 1213–1219.
18. Salimic S., Boskovic G., Nikolic M. Dynamic modelling of hydraulic excavator motion using Kane's equations. *Automation in Construction*. 2014. Vol. 44. pp. 56–62.
19. Lee H.-C., Gwak H.-S., Seo J., Lee D.-E. Eco-economic excavator configuration method. *Automation in Construction*. 2018. Vol. 86. pp. 138–149.

Сотрудники АО «ВНИИПромтехнологии» поздравляют коллектив государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» со славным 60-летним юбилеем!

Нас связывают долгие годы плодотворного сотрудничества – от истоков уранового производства до развертывания широкомасштабной золотодобычи. Совместными усилиями мы находили эффективные технологические решения. Мы надеемся, что и дальнейшем наше сотрудничество будет более успешным.

От всей души желаем работникам комбината крепкого здоровья, процветания и новых успехов на благо научно-технического прогресса в горном деле.

Коллектив АО «ВНИИПромтехнологии»

УДК 622.235

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ВЗРЫВАНИЯ ВЫСОКИХ УСТУПОВ ПАРАЛЛЕЛЬНО СБЛИЖЕННЫМИ СКВАЖИННЫМИ ЗАРЯДАМИ С ЗАКЛИНИВАЮЩЕЙСЯ ЗАБОЙКОЙ



Ю. Д. НОРОВ,
начальник производственно-технического
и инновационного отдела,
проф., д-р техн. наук,
yud.norov@tpitk.uz,
ГП «Навоийский горно-металлургический
комбинат», Навои, Узбекистан



У. Ф. НАСИРОВ,
декан факультета инженерной
геологии и горного дела,
д-р техн. наук,
Ташкентский государственный
технический университет,
Ташкент, Узбекистан



Ш. А. ОЧИЛОВ,
старший преподаватель,
Ташкентский государственный
технический университет,
Ташкент, Узбекистан

Введение

В настоящее время на всех крупных карьерах мира превагирует тенденция к увеличению высоты уступа. Это позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели разработки глубоких месторождений открытым способом, сократить число транспортных горизонтов и рабочих площадок, увеличить угол откоса рабочего борта, снизить величину текущего коэффициента вскрыши и в конечном итоге сократить объем вскрышных работ [1]. На качественное дробление породного массива на высоких уступах ориентировано постоянное совершенствование технологии буровзрывных работ (БВР) [2–12].

Среди применяемых методов БВР все чаще рекомендуется метод взрывания параллельно сближенными скважинными зарядами [13, 14]. Эффективность данного метода объясняется тем, что при нем уже в непосредственной близости от зарядов на расстоянии, составляющих около $1/2$ расстояния между зарядами в паре, цилиндрические волны напряжений первого и второго заряда начинают взаимодействовать, формируя плоский фронт. В результате породный массив в большей мере насыщается энергией взрыва, что позволяет интенсифицировать дробление за счет роста напряжений в удаленных от заряда точках массива. При ис-

Осуществлен расчет параметров параллельно сближенных скважинных зарядов и экспериментально доказана эффективность их применения при взрывании высоких уступов на карьере «Мурунтау»

Ключевые слова: высокий уступ, способ взрывания, параллельно сближенный скважинный заряд, заклинивающаяся забойка, плоский фронт, волна напряжений, эффективные параметры, расстояние между зарядами, запирание продуктов детонации.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.04

пользовании данного метода также возникают более сильные деформации в области разгрузки пород при взрывании, более высокие напряжения падающей волны увеличивают роль отраженных волн в процессе разрушения. В связи с этим совершенствование способа взрывания высоких уступов параллельно сближенными скважинными зарядами является актуальной задачей науки и практики горного производства, решение которой способствует повышению экономической эффективности работы предприятий.

Сущность и экспериментальная проверка предложенного способа взрывания высоких уступов

При взрывании параллельно сближенных зарядов плоский фронт волны напряжений будет формироваться только в случае строго определенного расстояния между ними. Это дает возможность рассчитать оптимальные параметры параллельно сближенных скважин: расстояние между скважинами и их диаметр; они в работе определены по известным методикам расчета [5, 14].

В результате проведенных исследований разработан усовершенствованный способ взрывания скважин уступов параллельно сближенными скважинными зарядами с заклинивающейся забойкой. Данный способ реализуется следующим образом (рис. 1).

На подлежащем к взрыву блоке по увеличенной сетке скважин бурят вертикальные группы скважин 1, расположенных параллельно друг к другу на расстоянии 2,5–5 диаметров заряда. Закладывают основной заряд ВВ 2 и формируют заклинивающуюся забойку, состоящую из трех частей: нижней 3, верхней 4 частей заклинивающегося заряда ВВ и инертного материала из буровой мелочи 5. В основном заряде ВВ, в нижней и верхней частях заклинивающегося заряда ВВ, устанавливают промежуточные детонаторы 6. В последние монтируют средства инициирования неэлектрического взрывания 7 с использованием реле замедления 8. При взрывании параллельно сближенных скважинных за-

рядов ВВ сначала взрывается верхняя часть заклинивающегося заряда, затем нижняя часть и далее основной заряд ВВ. В результате формируется эквивалентный заряд ВВ большого диаметра с обеспечением краткого заграждения продуктов детонации. Такой заряд способствует росту эффективности взрыва по всей высоте уступа, предотвращению выхода негабаритов, равномерному распределению энергии взрыва и снижению действия ударной воздушной волны.

На карьере «Мурунтау» Центрального рудоуправления Ново-ийского горно-металлургического комбината, в соответствии с «Методикой ведения буровзрывных работ параллельно сближенными скважинными зарядами ВВ с заклинивающейся забойкой», на блоке № 45 гор. + 405 м проведены опытно-промышленные испытания разработанного способа

Породный массив на экспериментальном блоке сложен из сильнотрещиноватых среднеблочных кварцево-спудистых сланцев и алевролитов (категория по взрываемости — средневзрываемые). Показатели физико-механических свойств пород блока приведены ниже.

Плотность, t/m^3	2,65–2,7
Прочность на сжатие, МПа	90–110
Прочность на растяжение, МПа	6,8–7,8
Прочность на сдвиг, МПа	12,3–13,2
Коэффициент крепости	8–10
Скорость продольных волн, км/с	3,7–5,4
Скорость поперечных волн, км/с	2,2–3,1
Коэффициент Пуассона	0,24
Модуль Юнга, $E \cdot 10^4$, МПа	3,2

Экспериментальный блок уступов высотой 30 м объемом 48,6 тыс. m^3 был разделен на две равные части, в одной из которых уступы взрывали по традиционной конструкции, а во второй — с применением параллельно сближенных скважинных зарядов ВВ с заклинивающейся забойкой. Бурение взрывных скважин диаметром 250 мм осуществили буровыми станками СБШ-250МН.

В первой части блока сетка скважин принималась по паспорту БРП для данного предприятия и составляла 5,5×5,6 м. Длина

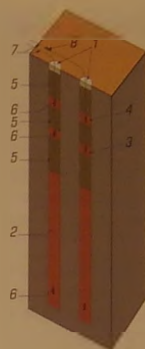


Рис. 1. Способ взрыва высокого уступа параллельно сближенными скважинными зарядами с заклинивающейся забойкой:
1 — параллельно сближенные скважины;
2 — основной заряд ВВ; 3 — нижняя часть заклинивающейся забойки;
4 — верхняя часть заклинивающейся забойки; 5 — забойка из буровой мелочи; 6 — промежуточные детонаторы;
7 — средство инициирования неэлектрического взрыва;
8 — реле замедления

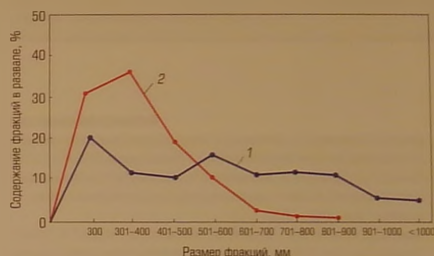


Рис. 2. Распределение фракций гранулометрического состава при базовом (1) и разработанном (2) способах дробления высоких уступов

скважин 32 м, перебур 2 м. Тип ВВ — нобелан-2080. Удельный расход ВВ 1,1 kg/m^3 . Высота основного заряда ВВ составляла 22 м, масса ВВ в каждой скважине 1320 кг.

Во второй части параллельно сближенные скважины размещали по сетке 9×9 м. Длину этих скважин принимали в 32 м, перебур 2 м. Тип ВВ — нобелан-2080. Удельный расход ВВ составил 0,85 kg/m^3 . Высота основного заряда ВВ равнялась 17 м, масса



Рис. 3. Общий вид развала взорванных пород высоких уступов при использовании базового (а) и разработанного (б) способов

1020 кг. Расстояние между параллельно сближенными скважинами составляло 1 м. Длина нижней части заклинивающей забойки скважинного заряда ВВ принималась в 0,8 м, а верхней ее части 1,3 м. Расстояние между запирающими зарядами ВВ заклинивающей забойки 0,7 м с массой каждого из них 10 кг.

После каждого взрыва в процессе отгрузки был проанализирован гранулометрический состав взорванной горной массы. Сравнительные данные распределения гранулометрического состава при базовом и разработанном способах дробления горных пород приведены на рис. 2 и 3.

Анализ гранулометрического состава показал, что в разработанном способе по сравнению с базовым средний размер кусков уменьшился на 27 %, а число негабаритных кусков – на 9 %. Проведенные опытно-промышленные испытания показали, что

при использовании параллельно сближенных скважинных зарядов ВВ с заклинивающей забойкой достигается равномерное дробление горных пород по всей высоте уступа, хорошо прорабатывается нижняя часть подошвы уступа и уменьшается число негабаритных кусков.

По результатам промышленных испытаний получен экономический эффект в размере 196,55 сум на 1 м³ взорванной горной массы.

Заключение

Теоретическими расчетами и экспериментальным путем доказана эффективность взрывания высоких уступов карьеров параллельно сближенными скважинными зарядами по разработанному способу, описанному в статье.

Библиографический список

- Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастухин Д. В. Открытый способ разработки месторождений: возможности и пути совершенствования // Горный журнал. 2012. № 2. С. 37–40.
- Викторов С. Д., Еременко А. А., Закалинский В. М., Маховик И. В. Технологии крупномасштабной взрывной обойки на удропластных рудных месторождениях Сибири. – Новосибирск: Наука, 2005. – 212 с.
- Нороев Ю. Д., Шенетов П. А., Заиров Ш. Ш., Тухтаев А. Б., Насиров У. Ф., Бибик Н. П. Совершенствование методов управления дроблением горных пород взрывом – Бухара: Изд-во «Бухоро», 2011. – 200 с.
- Снитко Н. П., Мислибеев И. Т., Коримов Е. П. Разработка энергосберегающей технологии ведения буровзрывных работ в зоне ослабления прочности горного массива на глубоких карьерах // Горный вестник Узбекистана. 2015. № 2(61). С. 7–11.
- Нороев Ю. Д., Очлов Ш. А. Проблема управления дроблением горных пород под действием энергии взрыва скважинных зарядов взрывчатых веществ на открытых горных работах // Горный вестник Узбекистана. 2016. № 4(67). С. 17–23.
- Яковлев Б. Р. Автоматизированное проектирование и производство массовых взрывов на карьерах. – Алматы: Голос, 2016. – 340 с.
- Насиров У. Ф., Очлов Ш. А., Рахмонова М. Х. Теоретические исследования механизма дробления скальных горных пород при взрывании высоких уступов // Известия вузов Горный журнал. 2017. № 3. С. 38–44.
- Gupta I. D., Tripathy G. R. Comparison of construction and mining blast with specific reference to structural safety // Indian Mining and Engineering Journal. 2013. Vol. 54. No. 4. P. 13–17.
- Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of blasting parameters using regression models in ratcon and NSCE granite quarries, Ibadan, Oyo State, Nigeria // Geomaterials. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 28–37.
- Inoue H., Sasakawa T., Shimada H., Homanaka A. Study on control of fragmentation size by changing blasting pattern at open pit metal mine // Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology. – Fukuoka, 2014. P. 214–217.
- Itshesky V. A. About the grain-size distribution of blasted rock from different zones of destruction // Scientific Reports on Resource Issues. – Freiberg: Technische Universität Bergakademie, 2014. P. 202–207.
- Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced technology for setting out of blastholes and measurement while drilling // Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11). – Sydney, 2015. P. 593–598.
- Викторов С. Д., Галченко Ю. П., Закалинский В. М., Рудков С. К. Разрушение горных пород сближенными зарядами. – М.: Научтехлитиздат, 2006. – 275 с.
- Очлов Ш. А. Теоретические исследования механизма взаимодействия парносближенных скважинных зарядов взрывчатых веществ // Горный вестник Узбекистана. 2017. № 4(71). С. 22–26. **12**

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 42–45
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.04

Investigation and development of high-bench blasting method with parallel close-spaced holes and wedging stemming

Information about authors

Yu. D. Noroev¹, Head of Industrial Engineering and Innovation Department, Professor, Doctor of Engineering Sciences, yud.noroev@ngk.uz

U. F. Nasirov², Dean of the Faculty of Geologic Engineering and Mining, Doctor of Engineering Sciences

Sh. A. Ochlov², Senior Lecturer

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan
² Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

At the present time, all large open pit mines in the world predominantly tend towards benching at increased height. This approach enables better technical and economic performance of deep open pit mines, less number of haulage and mining horizons, higher slope of highwall, reduced stripping ratio and, finally, smaller volume of stripping. The continuous improvement of drilling and blasting methods is aimed at quality fragmentation of rocks in open pit mines with high benches.

Among the practiced methods, it is most frequently recommended to use parallel close-spaced blasting. Efficiency of this method is explained by the fact that in the direct vicinity of such blastholes, at a distance of their half-spacing, cylindrical stress waves start to interact and generate a plane front. As a result, rock mass is largely saturated with blast energy, and fragmentation in the remote zones is intensified due to the increased stresses.

At the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, applicability of parallel close-spaced blasting at high benches of Muruntau open pit mine was studied. The blast pattern and sizes of explosive charges were calculated with respect to the physical and mechanical properties of rocks. Then, an experimental

block of a high bench was subjected to large-scale blasting using the conventional and new (studied) methods. The comparison of the blasting outcomes showed that the parallel close-spaced blasting improved rock fragmentation quality along the whole height of the bench, which would increase productivity of cutting and loading machines.

Keywords: high bench, blasting method, parallel close-spaced blast holes, wedging stemming, plane front, stress wave, efficient parameters, blast hole spacing, deterioration product blocking.

References

1. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Open method of mining: opportunities and ways. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No 2. pp. 37–40.
2. Viktorov S. D., Eremlenko A. A., Zakalinskii V. M., Mashukov I. V. Technology of large-scale blast undercutting at rockburst-hazardous Siberian ore deposits. Novosibirsk: Nauka, 2005. 212 p.
3. Norov Yu. D., Shemetov P. A., Zaitov Sh. Sh., Tukhtashev A. B., Nasirov U. F., Bibik I. P. Improvement of Control Methods for Rock Fragmentation by Blasting. *Bukhara: Bukhoro*, 2011. 200 p.
4. Snitka N. P., Meilboev I. T., Karamov E. L. Energy-saving drilling and blasting technology for zones of rock mass weakening in deep open pit mines. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2015. No 2(61). pp. 7–11.
5. Norov Yu. D., Ochilov Sh. A. Problem of control of rock fragmentation quality under blast energy in open pit mining. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2016. No 4(67). pp. 17–23.
6. Rukhshev B. R. Automated Design and Implementation of Large-Scale Blasts in Open Pit Mines. *Almalyk Gilyym*, 2016. 340 p.
7. Nasirov U. F., Ochilov Sh. A., Ramshanova M. Kh. Theoretical investigation of hard rock crushing mechanism when blasting high benches. *Izvestiya vuzov Gornyi zhurnal*. 2017. No 3. pp. 38–44.
8. Gupta I. D., Topasathy G. R. Comparison of reconstruction and mining blast with specific reference to structural safety. *Indian Mining and Engineering Journal*. 2013. Vol. 54. No 4. pp. 13–17.
9. Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of blasting parameters using regression models in talcon and HSC granite quarries. *Roadon: Open State, Nigeria: Geomaterials*. 2013. Vol. 3. No. 1. pp. 28–37.
10. Inoue H., Sasaki T., Shimada H., Hamaoka A. Study on control of fragmentation size by changing blasting pattern at open pit metal mine. *Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology*. Fukuoka, 2014. pp. 214–217.
11. Ishinsky V. A. About the grain-size distribution of blasted rock from different zones of destruction. *Scientific Reports on Resource Issues*. Freiberg: Technische University Bergakademie, 2014. pp. 202–207.
12. Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced technology for setting out of blastholes and measurement while drilling. *Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fractoblast 11)*, Sydney, 2015. pp. 593–598.
13. Viktorov S. D., Galchenko Yu. P., Zakalinskii V. M., Rubtsov S. K. Rock Breakage by Closely Spaced Charges. *Moscow: Nauchtekhizdat*, 2006. 275 p.
14. Ochilov Sh. A. Theoretical studies of mechanism of interaction between a pair of closely spaced blast holes. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2017. No 4(71). pp. 22–26.

Коллектив группы компаний «РИВС» искренне и сердечно поздравляет прославленный коллектив Навоийского горно-металлургического комбината со знаменательным событием – 60-летним юбилеем!

Юбилей предприятия – большой праздник и для всех его партнеров. Мы гордимся тем, что в период сотрудничества с нашей компанией на Навоийском горно-металлургическом комбинате построена вторая очередь флотационного отделения и проведена реконструкция на обогатительной фабрике по переработке золотосодержащих руд – ГМЗ-3, осуществлено строительство комплекса по переработке золотосодержащих руд – ГМЗ-4.

Большой личный вклад в развитие сотрудничества «РИВС» с комбинатом внес основатель нашей фирмы А. В. Зимин. Его заслуги отмечены нагрудным знаком «Горняцкая слава» I степени. Мы, его последователи, приложим все усилия для продолжения плодотворного сотрудничества с Навоийским ГМК.

Поздравляя с этой знаменательной датой, искренне желаем дальнейших творческих успехов, свершения намеченных планов, процветания дружному, сплоченному коллективу Навоийского горно-металлургического комбината, прекрасному городу Навои и Республике Узбекистан.

Коллектив группы компаний «РИВС»

УДК 622.235

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ЗАЖАТОЙ СРЕДЫ



Ш. Ш. ЗАЙРОВ,
зам. декана горного факультета,
д-р техн. наук,
info@ndki.uz,
Навоийский государственный горный
институт, Навои, Узбекистан



Д. Р. МАХМУДОВ,
зав. кафедрой геотехнологии
угльных и пластовых
месторождений,
Ташкентский государственный
технический университет,
Ташкент, Узбекистан



Ш. Р. УРИНОВ,
начальник отдела
по международным связям,
доцент, канд. техн. наук,
Навоийский государственный горный
институт, Навои, Узбекистан

Введение

На сегодняшний день во всем мире для повышения эффективности и обеспечения равномерности дробления горных пород решаются проблемы по управлению энергией взрыва [1–12]. Возникает необходимость в выполнении научных исследований по снижению прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород при взрывных нагрузках и физико-техническому обоснованию способов дробления массива взрывом с регулируемыми параметрами. Одним из решений данной проблемы является управление взрывом в зажатой среде, при котором повышается безопасность, сохраняется геологическая структура массива за счет уменьшения бокового смещения в период разрушения, увеличивается производительность выемочно-погрузочного оборудования, снижается объем подготовительно-восстановительных работ на уступе, улучшается степень дробления пород и увеличивается продолжительность действия взрыва на массив.

В настоящее время известны три варианта взрывания с использованием зажатой среды, которые различаются числом открытых поверхностей и их расположением, видом подпорной стенки и последовательностью взрывания отдельных зарядов: взрыв на необрубаную горную массу; подпор горной массой, разрушенной первой небольшой группой зарядов; взрывание с подпорной стен-

Аналитически исследованы и подтверждены в результате опытных взрывов рекомендуемые параметры подпорной стенки трапециевидной формы.

Ключевые слова: буровзрывные работы, подпорная стенка, зажатая среда, трапециевидная форма, управление формированием развала, фактическая линия наименьшего сопротивления, объем развала горных пород, рациональная высота подпорной стенки

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.05

кой [13–16]. Вместе с тем существуют нерешенные проблемы, обусловленные отсутствием исследований по определению рациональных параметров подпорной стенки при различных формах зажатой среды и по снижению прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород при многократных взрывных нагрузках.

Расчет действия взрыва и параметров подпорной стенки различной формы

В результате изучения физической картины взрывного разрушения массива горных пород по классической схеме действия взрыва исследованы зоны взрывного разрушения массива горных пород и определены рациональные параметры подпорной стенки при трапециевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды.

Установлено, что величина зоны раздавливания горных пород при взрыве зарядов ВВ изменяется прямо пропорционально радиусу заряда, энергетическим показателям промышленных ВВ и обратно пропорционально критической скорости разлета частиц горных пород:

$$r_{\text{раз}} = \frac{r \sqrt{\gamma_{\text{ВВ}} Q / \Delta}}{0,476 \sqrt{v_{\text{кр}}}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где r – радиус заряда ВВ, м; $\gamma_{\text{ВВ}}$ – объемная масса ВВ, кг/м³; Q – энергия единицы веса, кДж/кг; Δ – объемная масса породы в естественном состоянии, кг/м³; $v_{\text{кр}}$ – критическая скорость разлета частиц горных пород, м/с.

Также установлено изменение радиуса зон радиальных трещин в зависимости от среднего диаметра отдельностей в массиве по степени блочности и высоты взрывающего уступа, коэффициента, учитывающего использование энергии ВВ на дробление горных пород при конкретных схемах взрывания, а также высоты заряда ВВ в скважине и коэффициента сближения скважин:

$$r_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{H_{\text{зар}}}{\pi H_0 \frac{1}{\alpha d_0} \ln \frac{d_1}{d_0}}}, \text{ м} \quad (2)$$

где ρ – вместимость 1 п. м скважины, м^3 ; $l_{\text{зар}}$ – длина заряда в скважине, м; m – коэффициент сближения скважин; H_0 – высота уступа, м; α – коэффициент, учитывающий использование энергии ВВ на дробление пород при конкретных схемах взрывания, $\text{м}^2/\text{кг}$; d_0 – средний диаметр отдельностей массива по степени блочности (трещиноватости), мм; d_1 – средний диаметр взорванного куска горных пород, мм.

Радиус зоны трещинообразования прямо пропорционально зависит от радиуса заряда ВВ, скорости распространения продольных волн напряжений, предела прочности горных пород на сжатие и обратно пропорционально – от скорости распространения поперечных волн напряжений и предела прочности горных пород на растяжение:

$$r_{\text{сж}} = \frac{r_{\text{сж}} C_p}{C_p} \frac{C_s^2 - 2C_p^2}{3C_p^2 - 4C_s^2} \sqrt{\frac{\gamma \sigma_{\text{сж}}}{5}}, \text{ м} \quad (3)$$

где $r_{\text{сж}}$ – радиус скважинного заряда ВВ, м; C_p , C_s – скорость распространения, соответственно, продольных и поперечных волн, м/с; γ – показатель изохотропии; $\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности пород на сжатие, МПа; σ_p – предел прочности пород на растяжение, МПа.

Аналитически исследованы геометрические параметры трапециевидной, треугольной и сегментной форм зажатой среды и определены рациональные параметры подпорной стенки (рис. 1).

Фактическая линия наименьшего сопротивления (ЛНС) определяется по формулам:

- при трапециевидной и треугольной формах

$$W_i = \left[x + \frac{3aH + 2(k + 1)\text{ctg}\varphi}{3} H \right] \sin\varphi, \text{ м} \quad (4)$$

- при сегментной форме

$$W_i = R - \sqrt{(\sqrt{R^2 - (R\cos\varphi + H)^2} - aH)^2 + (R\cos\varphi + \frac{1-2k}{3} H)^2}, \text{ м} \quad (5)$$

где x – ширина подпорной стенки поверху, м; aH – безопасное расстояние от верхней бровки уступа до центра скважины, м; φ – угол откоса подпорной стенки, град.; k – коэффициент, учитывающий перебур скважин; R – радиус сегмента, м; H – высота уступа, м.

Единичный объем подпорной стенки определяется по формулам:

- при трапециевидной форме

$$V = \frac{2x + H(\text{ctg}\varphi - \text{ctg}\gamma)}{2} H, \text{ м}^3, \quad (6)$$

- при треугольной форме

$$V = \frac{H^2(\text{ctg}\varphi - \text{ctg}\gamma)}{2}, \text{ м}^3, \quad (7)$$

- при сегментной форме

$$V = \frac{1}{2} [R\sin\varphi - H\text{ctg}\gamma - \sqrt{R^2 - (R\cos\varphi + H)^2} + R^2(\alpha - \sin\alpha)] H, \text{ м}^3, \quad (8)$$

где H – высота уступа, м; γ – угол откоса уступа, град.

Проанализировано изменение единичного объема подпорной стенки при трапециевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды в зависимости от высоты уступа, угла откоса зажатой среды, угла откоса уступа, ширины подпорной стенки поверху и фактической ЛНС. Установлено, что в этом плане наиболее эффективной формой зажатой среды является трапециевидная.

В результате проведенных исследований разработан способ взрывания в зажатой среде с использованием короткозамедленного взрывания, который может применяться в различных по крепости и трещиноватости горных породах. Согласно данному способу бурят не менее четырех рядов взрывааемых скважин согласно паспорту БВР на карьере. Из ранее взорванных горных пород выемочно-погрузочным оборудованием формируется подпорная стенка трапециевидной формы. При сильнотрещиноватых горных породах с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодяконова $f = 8-14$ рекомендуется применять порядную схему с использованием продольных и поперечных врубов, для крепких среднеблочных пород – диагональная и радиальная схемы. Интервалы замедления между сериями зарядов принимаются 35–75 мс.

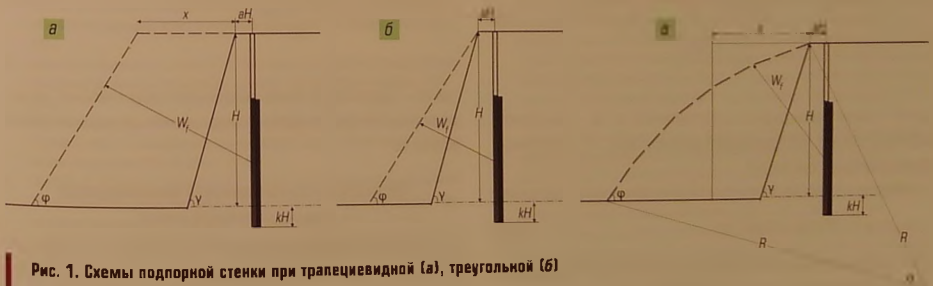


Рис. 1. Схемы подпорной стенки при трапециевидной (а), треугольной (б) и сегментной (в) формах зажатой среды

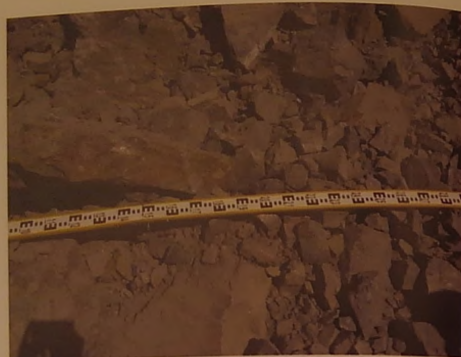
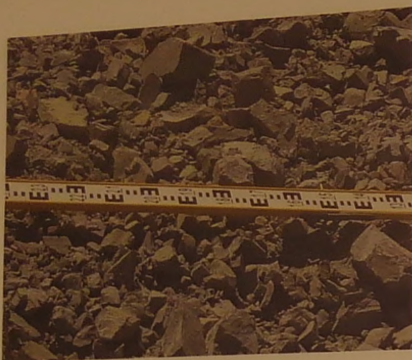


Рис. 2. Результаты взрывного рыхления породного массива при использовании подпорной стенки традиционной формы



Рис. 3. Результаты промышленного взрыва массива горных пород при использовании подпорной стенки трапециевидной формы

Рациональная высота подпорной стенки трапециевидной формы определяется по формуле

$$h_{\text{рац}} = \sqrt{\left(W \frac{\sin \varphi}{2} \right)^2 + 4 \left(\frac{1}{\sin \varphi} + \frac{\tan \varphi}{2} \right) V - \left| W \frac{\tan \varphi}{2} \right|} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\sin \varphi} + \frac{\tan \varphi}{2}}, \text{ м.} \quad (9)$$

где W – линия наименьшего сопротивления, м; φ – угол откоса подпорной стенки трапециевидной формы, град; V – единица объема подпорной стенки, м³.

Ширина подпорной стенки трапециевидной формы составляет

$$L_c = x + H(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha), \text{ м.} \quad (10)$$

где x – ширина подпорной стенки трапециевидной формы по вершине, м; H – высота уступа, м; α – угол откоса уступа, град

Угол откоса подпорной стенки трапециевидной формы можно определить из выражения

$$\sin \varphi = \frac{W_i}{x + \frac{3a + 2\operatorname{ctg} \varphi}{3} H}, \text{ град.} \quad (11)$$

где W_i – фактическая линия наименьшего сопротивления, м; a – расстояние от центра крайнего ряда скважин до верхней бровки уступа, м.

Экспериментальная проверка рекомендуемой формы подпорной стенки

На карьере «Мурунтау» Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината, в соответствии с «Методикой дробления горных пород с регулируемыми параметрами

зажатой среды», проведено опытно-промышленное сравнение подпорных стенок традиционной и трапециевидной форм.

Породный массив на опытном участке сложен из кварцевослюдистых сланцев и алевролитов с коэффициентом крепости $f=8-10$. Физико-механические свойства пород экспериментального блока приведены ниже.

Плотность, t/m^3	2,65–2,70
Прочность на сжатие, МПа	90–110
Прочность на растяжение, МПа	6,8–7,8
Прочность на сдвиг, МПа	12,3–13,2
Коэффициент крепости f	8–10
Скорость продольных волн, км/с	3,7–5,4
Скорость поперечных волн, км/с	2,2–3,1
Коэффициент Пуассона μ	0,24
Модуль Юнга, $E \cdot 10^4$, МПа	3,2
Трещиноватость, блочность	Сильнотрещиноватые (среднеблочные)
Категория пород по взрываемости	II. Средневзрываемые

Опытный участок объемом 212 тыс. m^3 был разделен на два равных блока, в первом из которых подпорная стенка имела традиционную форму, образованную в результате предыдущего взрыва, а во втором она была сформирована трапециевидной формы. Параметры обоих взрывных блоков были приняты следующими: при высоте уступа 15 м глубина скважин составляла 17 м, сетка скважин – 7×7 м. В первом блоке высота подпорной стенки составляла 9 м, ширина внизу – 31 м. Во втором блоке высота подпорной стенки была ровнее с уступом 15 м, ширина 24 м. Схема взрывания в обоих блоках диагональная, интервал замедления взрывания между рядами 35 мс, удельный расход ВВ (нобелан-2080) – 0,63 кг/ m^3 . Параметры подпорной стенки трапециевидной формы рассчитывались по приведенным выше формулам.

Наблюдения показали, что во втором блоке с трапециевидной формой подпорной стенки уменьшилась скорость перемещения взрываемого массива в горизонтальной плоскости, возросла продолжительность действия взрыва на среду, повысились коэффициент полезного использования энергии взрыва и улучшилось качество дробления массива за счет увеличения выхода кондиционных фракций, снижения выхода негабарита и уменьшения среднего диаметра кусков горных пород.

В первом блоке с традиционной формой подпорной стенки взорванный массив был представлен крупнокусковым материалом, средний размер куска породы составил 320 мм (рис. 2).

Во втором блоке с подпорной стенкой трапециевидной формы достигнуто более равномерное дробление породного массива, средний размер куска породы снизился до 180 мм (рис. 3).

Анализ гранулометрического состава обоих блоков показал, что при взрыве на подпорную стенку с трапециевидной формой по сравнению с таковой традиционной формы средний размер куска уменьшился на 29 %, а число негабаритных кусков – на 22 %. Увеличение степени дробления позволяет увеличить производительность экскаваторов на 5 % и снизить затраты на дробление негабаритов на 22 %.

За счет увеличения производительности экскаваторов и снижения затрат на вторичное дробление на дробильном оборудовании расчетный экономический эффект определен в 459,34 сум на 1 m^3 горной массы.

Заключение

Расчетным и экспериментальным путем доказано преимущество взрывания породного массива на подпорную стенку трапециевидной формы, состоящее в более равномерном дроблении пород. Благодаря этому значительно снижаются эксплуатационные затраты на погрузку горной массы и дополнительное ее дробление на обогательном переделе.

Библиографический список

- Малыгин О. Н., Рубцов С. К., Шеметов П. А., Шляков А. Г. Совершенствование технологии процессов буровзрывных работ на открытых горных работах. – Ташкент: Фан, 2003. – 199 с.
- Норов Ю. Д., Шеметов П. А., Зайров Ш. Ш., Тухташев А. Б. Совершенствование методов управления дроблением горных пород взрывом. – Бухара. Изд-во «Бухоро», 2011. – 200 с.
- Бибик И. П., Мислибеев И. Т., Жумаева Х. Ю., Бекназаров Ж. Н. Разработка параметров взрывных работ с использованием зон ослабления массива горных пород // Горный вестник Узбекистана. 2013. № 2(53). С. 57–59.
- Норов Ю. Д., Назаров З. С., Мислибеев И. Т., Фурсов А. И. Исследование размеров ослабления прочности горного массива в зависимости от конструкции скважинных зарядов взрывчатого вещества // Горный журнал Казахстана. 2013. № 1–2. С. 45–48.
- Снитка Н. Л., Мислибеев И. Т. Экспериментальное обоснование параметров сетки скважин на карьерах в зоне взрывного ослабления породного массива // Горный журнал. 2016. № 2. С. 13–15. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.02
- Zheng Bingxi, Li Zhanjun, Jiu Yi. Theory and Practice of the Fragmentation Control of Rock Blasting // Proceedings of the 7th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction. – China, 2011. P. 188–194.
- Furney J. K., Sellers E., Onederra J. Simple models for the complex process of rock blasting // Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 10): Proceedings of the 10th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. – Boca Raton. CRC Press, 2013. P. 275–282.
- Hagan E. N. Rock breakage by explosives // Acta Astronautica. 1979. Vol. 6. Iss. 3–4. P. 329–340.
- Spahn F., Viena N. E., Guimarães A. N. F., Garban A. N., Brilliantov N. V. A statistical model of aggregate fragmentation // New Journal of Physics. 2014. Vol. 16, Iss. 1. P. 013031.
- Singh P. K., Roy M. P., Amalendu Sinha. Controlled Blasting for Safe and Efficient Mining Operations at Rampura Agucha Mine in India // Proceedings of the 8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction. – China, 2014. P. 137–151.
- Haibao Yi, Haikuo Yang, Li Ming, Han Bin, Zheng Luying. Study on Open-Pit Precision Control Blasting of Easily Weathered Rock and Its Application // Proceedings of the 8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction. – China, 2014. P. 157–160.

12. Joon P. Kong, H. C. Wang, H. G. Advanced Technology for Setting Out of Blastholes and Measurement while Drilling // *Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11)*. – Sydney, 2015. P. 593–598.
13. Шиметов П. А., Очлов Ш. А. Сравнительное исследование взрывных работ в Узбекистане // Горный вестник Узбекистана. 2013. № 4(55). С. 14–18.
14. Кутузов Б. Н. Справочник взрывника. – 2 ч. Сер.: Библиотека горного инженера. – М.

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 46–50
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.05

Theoretical and experimental research of explosive rupture of rocks with muck piles of different geometry

Information about authors

Sh. Sh. Zaitov¹, Deputy Dean of Training, Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences, info@ndu.uz

D. R. Makhmudov², Head of Chair of Geotechnologies for Coal and Stratified Deposits

Sh. R. Urinov², Head of International Links Department, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences

¹ Navoi State Mining University, Navoi, Uzbekistan

² Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

For better rock fragmentation in deep open pit mines, it is recommended to use the method of blasting toward a previously blasted muck pile as lateral movement of rocks under explosive rupture is reduced in this case by available obstacles, which extends duration of the effect of explosion on rocks. The implemented research was aimed at improvement of the efficiency of blasting technologies such that to ensure the wanted quality of fragmentation, controllability of shape and parameters of muck piles, preservation of geological structure of rock mass and reduction in volumes of preliminary works and recovery. This article describes the research findings on determination of rational parameters for a trapezoidal retaining wall (muck pile). The integrated research methods included theoretical generalizations and experimental full-scale explosions.

The full-scale experiment was implemented in Murzota open pit mine. Two test blocks were blasted toward a muck pile (conventional method) and toward a specially made trapezoidal retaining wall. The comparison of the two approaches showed that in the second case rock fragmentation by blasting was more uniform, which would promote an increase in loading capacity of shovels and a reduction of cost connected with additional milling at ore processing stage.

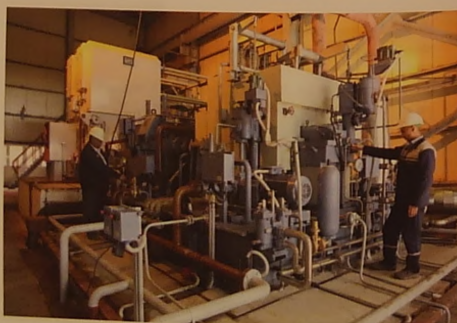
Keywords: drilling and blasting, retaining wall, pre-blasted muck pile, trapezoid, muck pile formation control, factual burden, muck pile volume, rational height of retaining wall.

References

1. Malgin O. N., Rubtsov S. K., Shemetov P. A., Shlykov A. G. Improvement of Drilling-and-Blasting Technology in Open Pit Mining. Tashkent: Fan, 2003. 199 p.

Горное дело ООО «Киммерийский центр», 2014. Т. 10. Взрывное дело. Кн. 1. Ч. II. Техника, технология и безопасность взрывных работ. – 304 с.

15. Ракитшев Б. Р. Автоматизированное проектирование и производство массовых взрывов на карьерах. – Алматы: Гылым, 2016. – 337 с.
16. Шеметов П. А., Норов Ю. Д. Новые технологии и безопасность при ведении взрывных работ: учебник. – Бухара: Изд-во «Бухоро», 2017. – 204 с.
2. Nоров Yu. D., Shemetov P. A., Zaitov Sh. Sh., Tukhtashev A. B. Improvement of Control of Rock Fragmentation by Blasting. Buxhara: Bokhoro, 2011. 200 p.
3. Bibik I. P., Maslboev I. T., Zhumaeva Kh. Yu., Beknazarov Zh. N. Development of blasting designs using weakening zones in rock mass. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2013. No. 2(53). pp. 57–59.
4. Nоров Yu. D., Nazarov Z. S., Maslboev I. T., Fursov A. I. Dimensions of rock weakening zones depending on structure of borehole explosive charges. *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2013. No. 1-2. pp. 45–48.
5. Snitka N. P., Maslboev I. T. Experimental proof of blasthole pattern in pre-blasting weakening zones in open pit mines. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 2. pp. 13–15. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.02
6. Zheng Bingxiu, Li Zhanjun, Liu Yi. Theory and Practice of the Fragmentation Control of Rock Blasting. *Proceedings of the 7th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2011. pp. 188–194.
7. Furney J. K., Sellers E., Onederra I. Simple models for the complex process of rock blasting. *Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 10): Proceedings of the 10th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. Boca Raton: CRC Press, 2013. pp. 275–282.
8. Hagan T. N. Rock breakage by explosives. *Acta Astronautica*. 1979. Vol. 6, Iss. 3-4. pp. 329–340.
9. Spahn E., Vieska N. E., Guimaraes A. H. F., Garban A. N., Brilantov N. V. A statistical model of aggregate fragmentation. *New Journal of Physics*. 2014. Vol. 16, Iss. 1. P. 013031.
10. Singh P. K., Ray M. P., Amatendu Sinha. Controlled Blasting for Safe and Efficient Mining Operations at Rampura Agucha Mine in India. *Proceedings of the 8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2014. pp. 137–151.
11. Hailiao Y., Hailiao Yang, Li Ming, Han Bin, Zheng Luyang. Study on Open-Pit Precision Control Blasting of Easily Weathered Rock and its Application. *Proceedings of the 8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2014. pp. 157–160.
12. Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced Technology for Setting Out of Blastholes and Measurement while Drilling. *Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11)*. Sydney, 2015. pp. 593–598.
13. Shemetov P. A., Ochlov Sh. A. Improvement and development of blasting in Uzbekistan. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2013. No. 4(55). pp. 14–18.
14. Кутузov B. N. Shot-Fire's Manual. In two volumes. Series: Mining engineer's library. Moscow: Gornoe delo LLC «Kimmeriyskiy tsentr», 2014. Vol. 10. Blasting. Book. 1. Iss. II. Technique, Technology and Safety of Blasting. 304 p.
15. Rakishchev B. R. Automated Design and Implementation of Large-Scale Blasts in Open Pit Mines. *Almaity: Gylm*, 2016. 337 p.
16. Shemetov P. A., Nоров Yu. D. New Technologies and Safety in Blasting: Textbook. Buxhara: Bokhoro, 2011. 204 p.



УДК 622.7

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСХОДНЫХ РУД И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ГМЗ-3



В. Д. ЦОЙ,
начальник отдела методики
геологоразведочных работ,
проф., д-р геол.-минерал. наук



С. Е. БУЛИН,
геолог I категории



Р. И. УСМАНОВ,
руководитель группы
инновационного центра,
r.usmanov@ngmk.uz



А. Б. ХВАН,
ведущий инженер
геологического отдела

ГП «Навийский горно-металлургический комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

В последнее время в мировой практике горного дела в рамках установки на комплексную и глубокую переработку минерального сырья все интенсивнее развиваются исследования вещественного состава различных минеральных продуктов (руд, концентратов, отходов производства и др.) с помощью самого современного аналитического оборудования [1–14].

Материал настоящей статьи является продолжением исследований по данной тематике, проводимых на ГМЗ-3. В дополнение к ним выполненный анализ носил комплексный характер. Были изучены 12 видов минеральных продуктов (и, соответственно, 12 проб): исходные руды месторождения Коклатас (проба № 1) и месторождения Даугызтау (№ 2); флотоконцентраты, полученные из руд месторождений Коклатас (№ 3) и Даугызтау (№ 4); хвосты флотации с этих обих объектов (№ 5); твердый продукт первичных реакторов установки биокисления (№ 6); вторичный – окисленный продукт этой установки (№ 7); разгрузка КОВ-1 (№ 8); продукт питания установки КЕМIX (№ 9); хвосты с этой установки (№ 10); пена с реакторов биокисления (№ 11) и сгущенный продукт нейтрализации (проба № 12).

Статья содержит описание методики и результатов аппаратного анализа вещественного состава различных минеральных продуктов по гидрометаллургическому заводу № 3 (ГМЗ-3) Навийского комбината

Ключевые слова: золото, исходные руды, продукты обогащения, биокисление, концентрат, цинкирование, сульфиды, оксиды железа, слюдястые минералы.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.06

Аппаратурные исследования выполняли с использованием рентгеноструктурного фазового анализа на дифрактометре Empyrean (Panalytical), сканирующего электронного микроскопа SEM EVO MA 10 (Carl Zeiss) и с помощью минералогическо-петрографических методов. Опыты были проведены в лаборатории Центра передовых технологий Узбекистана (аналитики Н. Т. Каттаев и В. Ш. Ялышев). Результаты исследований сравнивали с микроскопными данными, полученными традиционным способом.

Ниже приведены результаты аппаратного анализа по отобранной пробе.

Минералогический состав проб

1. Исходная руда месторождения Коклатас.

Проба представляет собой тонкоизмельченный материал с размером частиц менее 0,07 мм. Цвет темно-серый, окраска однородная.

Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены следующие минералы: кварц, кальцит, калиевый полевой шпат, анкерит, хлорит, рутил, паллигорскит, плагиоклаз (Na), анортит, розенит, железосодержащий оксид титана, актинолит, клиноцоизит, минерал группы пироксеноидов, лезонит, диопсид, авгит, цоизит.

Судя по анализам, в пробе присутствуют оксиды мышьяка (арсенолит), сульфиды (валентинит), свинца (глет), пирит, кварц и аксессуарный монацит.

Установлен минеральный состав пробы по шлифу: кварц, полевой шпат, карбонат, глинистые минералы, гидроксиды железа, углистое вещество, биотит (ед. зерна), пирит, серицит, обломки кремнистых пород и серицит-полевый шпат-кварцевых метасоматитов.

Рудные минералы в брижете представлены пиритом, арсенопиритом, гетит-гидрогетитом и реже – гематитом. Часто гетит образует псевдоморфозы по пириту кубической формы и раздроблен. Арсенопирит имеет игольчатую форму, нередко подвержен дроблению. Самородное золото в брижете не установлено

Минеральный состав пробы, полученный при исследовании, следующий: кварц, полевой шпат, серицит, карбонат, глинистые минералы, углистое вещество, рудная вкрапленность (пирит).

3. Флотоконцентрат, полученный из руды месторождения Кокпаташ.

Содержание золота в отдельной позиции в процессе сканирования составляет 60,12 %, что подтверждается наличием видимого золота (рис. 1).

В составе рудных минералов (при анализе брикета) установлены арсенопирит, пирит, гетит-гидрогетит, графит. Содержание сульфидов достигает 10–16 %. Арсенопирит трещиноватый, образует сростки с пиритом, нередко затравлен. В арсенопирите отмечаются включения серого и кремзового минерала типа пирротина. В зернах арсенопирита имеются частицы самородного золота округлой формы.

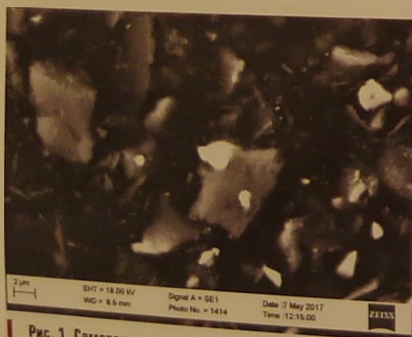


Рис. 1. Самородное золото (белое)

Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены следующие минералы: пирит, кварц, гидроксид калия, натрия, алюминия, железа, магния, авегит, астрофиллит, пертит, гидросиликат алюминия, калия, натрия, кальция, титанит, вермикулит, цестерит, диопсид, лейкоксен, нефелин.

В составе рудных минералов (при анализе брикета) установлены: пирит, арсенопирит, гетит-гидрогетит, графит. Пирит мажоритарный, слабоанизотропный, кубической формы, часто подвержен дроблению, затравливанию и разложению по трещинкам. Арсенопирит имеет удлиненную форму, трещиноватый. Графит имеет характерные свойства – коричневатый цвет и сильную анизотропию (рис. 2). Гетит встречается вблизи пирита и арсенопирита. Самородное золото в брикете не установлено.

Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены следующие минералы: кварц, калиевый полевоы шпат, хлорит, микроклин, гидросиликаты кальция, алюминия, калия, минерал группы пироксеноидов, ферростерит.

В составе рудных минералов (при анализе брикета) обнаружены пирит, арсенопирит, гетит-гидрогетит, сидерит. Общее количество сульфидов 1–5 %. Сульфиды (пирит) подвержены разложению, остаются только их реликты. Пирит имеет кубическую и ксеноморфную форму зерен. Встречаются серые зерна таблитчатой формы с низкой отражательной способностью, в скрещенных николях выглядят, как нерудные минералы. Самородное золото при анализе брикета не установлено.

Рентгеноструктурный фазовый анализ установил следующие минералы: кварц, калиевый полевой шпат, зорит, плагиоклаз, нефелин, гидроксид железа и калия, хлорит, микроклин, гидросиликаты кальция, алюминия, калия.

Минеральный состав пробы по шлифу следующий: кварц, полевой шпат, серицит, карбонат, сгустки глинистых минералов, рудная вкрапленность (пирит), углистое вещество.

В составе рудных минералов в брикете установлены: пирит, арсенопирит, гематит, графит, халькопирит. Общее количество сульфидов 1-5 %. Пирит имеет кубическую форму, трещиноват



Рис. 2. Графит (коричневатый) рядом с пиритом (желтый)



Рис. 3. Самородное золото (яркое белое) в углисто-слюдистой массе

тый. Арсенопирит треугольной, вытянутой формы, по краям зерен затравлен. Графит отмечается вблизи гематита. Халькопирит имеет характерные свойства: латуно-желтый цвет, слабую анизотропию и отражательную способность ниже пирита. Самородное золото в брикете не установлено.

7. Вторичный окисленный продукт установки биоокисления.

Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены следующие минералы в пробе: кварц, пирит, гипс, авгит, сложный гидросиликат калия, натрия, кальция, алюминия, железа, магния, титана, меллитит, мусковит, калиевый полевой шпат, альбит, клиноцоизит, хлорит, микроклин, амезит, титанистый авгит, титанит.

Электронно-микроскопными исследованиями в этой пробе отмечаются характерные элементы породообразующих минералов (кварц, калиевый полевой шпат, серицит, карбонат, глинистые минералы), золото (самородное золото), серебро (примесь в самородном золоте), сурьма (антимонит), медь (халькопирит), редкие земли и фосфор (монацит), свинец (галенит, глет), селен (примесь в галените). Содержание золота в отдельной позиции, по данным электронно-микроскопных исследований, составляет 77,2 %, здесь же установлено самородное золото (рис. 3).

Минеральный состав пробы по шлифу показал наличие следующих компонентов: кварц, полевой шпат, серицит, биотит (ед. зерна), карбонат (мало), густки глинистого материала с углистыми частицами, хлорит (ед. зерна), рутил, рудная вкрапленность (довольно много — пирит и арсенопирит).

В состав рудных минералов в брикете входят: пирит, графит, гетит, арсенопирит, самородное золото. Общее количество сульфидов 1–5 %. Самородное золото связано с углисто-слюдистой массой. Пирит мышьяковистый, слабоанизотропный, нередко раздробленный, затравленный содержит включения гетита. Графит приурочен к породообразующим минералам, располагаясь внутри их контура.

8. Разгрузка КОБ-1.

Рентгеноструктурный фазовый анализ установил следующие минералы в пробе: гипс, кальцит, кварц, гроссуляр, клиноцоизит, доломит, актинолит, скородит.

Электронно-микроскопными исследованиями в этой пробе отмечаются характерные элементы породообразующих минералов (кварц, полевой шпат, серицит, карбонат, глинистые минералы), мышьяк (арсенолит), хром (хромит), свинец (глет) и в незначительных количествах цинк (сфалерит), молибден (ильземанит) и хлор (соли). Золото в этой пробе не установлено.

Минеральный состав пробы по шлифу следующий: кальцит (много, является основным минералом пробы), кварц (очень мало), полевой шпат (очень мало), гидроксиды железа (бурые, желтые, много вкрапленного), сульфиды (ед. зерна).

В составе рудных минералов в брикете установлены: пирит, гетит, лимонит, арсенопирит, самородное золото. Сульфидов заметно меньше чем в предыдущих пробах. Самородное золото низкопробное светлое, связано с карбонатно-слюдистой массой. Пирит окисленный, встречаются фрагменты куба. Гетит-гидрогетит зональный, расположен в лимоните.

9. Питание KEMIX.

Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены следующие минералы: мусковит, кварц, палыгорскит, гипс, кордиерит, гидроксид железа, калия, натрий-калий, магний-алюминевый гидросиликат.

Выявлен минеральный состав пробы по шлифу густки глинистых минералов, кварц, полевой шпат, серицит, округлые коричневатые оолиты с пустотами, заполненными непонятым материалом, карбонат (реликты), редкая вкрапленность пирита.

В составе рудных минералов в брикете выявлены арсенопирит, пирит, графит, сидерит. Общее количество сульфидов 1 %. Самородное золото не установлено. Пирит подвержен разложению, располагается рядом с графитом.

10. Хвосты КЕМХ

Проведенный рентгеноструктурный фазовый анализ пробы установил в ней следующие минералы: кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, гидрокарбонат магния и ~~алюминия~~, паллигорскит, гипс, гидросиликат алюминия, натрия, калия, магния, вагит, меллитит, вермикулит, мусковит, альбит, гидросиликат алюминия, калия, магния.

Минеральный состав пробы по шлифу следующий: кварц, полевой шпат (калиевый полевой шпат), серицит, кальцит, глинистые минералы по полевому шпату, биотит (ед. зерна), обломки кремнистых пород, углистое вещество, пирит (фрагменты куба, пентагондодекаэдра).

В составе рудных минералов в брикете установлены арсенопирит, пирит, графит, гетит, гематит. Арсенопирит часто сростается с пиритом, имеет удлиненную угловатую форму. Пирит мышьяковистый, слабо анизотропный, подвержен разложению, затравливанию. Общее количество сульфидов 1–5 %. Самородное золото не установлено.

11. Пена из реакторов биоскисления

Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены следующие минералы в пробе: кварц, калиевый полевой шпат, ярозит, явапайт, глаукоцит, авгит.

Электронно-микроскопными исследованиями в этой пробе отмечаются характерные элементы породообразующих минералов (кварц, полевой шпат, серицит, глинистые минералы и немного карбоната), золото и серебро (самородное золото, **рис. 4**), сурьма (антимонит), медь (халькопирит), цирконий (циркон), хром (фуксит), в незначительных количествах мышьяк (скородит), гафний (примесь в цирконе).

Содержание золота в отдельной позиции, по данным электронно-микроскопных исследований, составляет 88,38 %.

Выявлен следующий минеральный состав пробы по шлифу: углистое вещество в виде овальных, округлых, изометрических скоплений, точечных выделений составляют основную часть

шлифа, редкие зерна полевого шпата с гидроксидами железа, серицита, кварца.

В состав рудных минералов в брикете входят: пирит, графит, марказит, самородное золото, вторичные сульфиды меди. Пирит кубический, трещиноватый, затравленный. Пирит мышьяковистый, слабоанизотропный. Общее количество сульфидов – менее 1 %. Самородное золото располагается вблизи пирита, отличается более высокой отражательной способностью. Самородное золото встречается как высокопробное, густо-желтое, так и относительно низкопробное, светлое. Марказит имеет относительно высокую отражательную способность и характерные кремовый и болотный цвета при скрепленных никелях.

12. Сгущенный продукт нейтрализации

Рентгеноструктурный фазовый анализ пробы установил в ней следующие минералы: тенардит, ангидрит, цеолиты, кивнит, гарронит, карпатит, лавсонит, вевеллит.

Электронно-микроскопные исследования выявили наличие в пробе характерных элементов породообразующих минералов, сурымы (сульфосоля свинца, антимонит), меди (куприт), свинца (реликты галенита, глет), тантала (примесь в слюдах) и в незначительных количествах мышьяка (реликты арсенопирита) и хлора (галит).

Содержание золота в отдельной позиции, по данным электронно-микроскопных исследований, составляет 62,56 %. Здесь же встречается и самородное золото (**рис. 5**).

Минеральный состав пробы по шлифу следующий: гематит в виде кроваво-красных до темно-коричневого зерен, полупрозрачный, просвечивает основной минерал шлифа. Кроме того, отмечаются единичные зерна карбоната, серицита, полевого шпата.

В составе рудных минералов в брикете установлены: пирит, халькопирит, гетит-гидрогетит, самородное золото. Пирит мышьяковистый, слабоанизотропный. Сульфидов мало

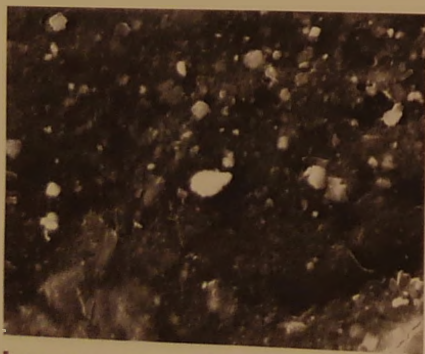


Рис. 4. Самородное золото (белое в центре) в нерудной массе

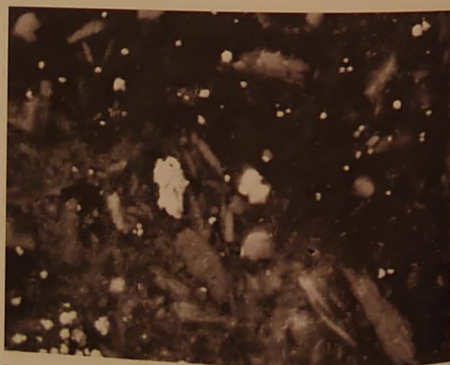


Рис. 5. Самородное золото в нерудной массе

(менее 1 %), много сидерита. Гетит-гидрогетит находится в виде удлиненных ксеноморфных зерен. Самородное золото располагается в нерудной массе и гетите-гидрогетите, имеет густо-желтую окраску, является относительно высокопробным.

Выводы

Самородное золото микронного размера (до 2 мкм) обнаружено под электронным микроскопом в пробах флотоконцентрата, полученного из руды месторождения Кокпатас, вторичном-окисленном продукте установки биокисления, пене с реакторов биокисления, нейтрализующем растворе. Рентгеноструктурным фазовым анализом установлены основные породообразующие и рудные минералы. Минераграфическое изучение аншлифов показало наличие единичных знаков самородного золота во флотоконцентрате, полученном из руды месторождения Кокпатас, во вторичном окисленном продукте

биокисления, в разгрузке КОВ-1, пене, получаемой в реакторах биокисления, густом продукте нейтрализации. Размер зерен не превышает первых микрон (не более 0,003 мкм). Самородное золото отмечается в углисто-слипистой массе в свободной форме и в гетите-гидрогетите.

Из рудных минералов во всех пробах преобладают железосодержащие сульфидные формы (пирит, арсенопирит, реже – марказит, халькопирит), гетит-гидрогетит, реже – гематит. В пробах № 2–4, 6, 7, 9–11 установлен графит. В пробах № 5, 9 встречается сидерит. Пирит мышьяковистый, слабоанизотропный.

Почти во всех пробах (за исключением № 11 и 12) остается постоянным содержание минералов группы силикатов, среди этой группы преобладает (в количественном отношении) гидрослюда, отмечаются биотит, хлорит, каолинит. Все эти минералы относятся к группе шламуемых компонентов, затрудняющих процесс обогащения.

Библиографический список

1. Конев Р. И., Халиматова Р. А. Некоторые аспекты минералогии, геохимии и генезиса руд месторождений золота Узбекистана // Руды и металлы. 2013. № 2. С. 31–38.
2. Виенитьев И. В. Неверидное и микроскопическое золото в пирите: методы исследования и новые данные для колчеданных руд Урала // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 4. С. 267–298.
3. Чантурия В. А. Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения // Горный журнал. 2015. № 7. С. 29–37. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.05
4. Битимбаев М. Ж., Ормысжан Е. С., Дюмбамбаев Е. И. Лабораторные исследования по определению состава руды и пород для корректировки основных параметров технологии интенсивного кучного выщелачивания // Успехи современного естествознания. 2015. № 10. С. 79–85.
5. Зайцев В. А., Зайцева А. В. Расширение аналитических возможностей рентгенофлуоресцентного анализа продуктов металлургического производства драгоценных металлов // Цветные металлы. 2015. № 6. С. 85–90. DOI: 10.17580/ism.2015.06.17
6. Иванов В. В., Лукашова М. В., Бушаева К. Ю., Земскова П. А. Исследование золотоупорядоченных систем методом сканирующей электронной микроскопии // Цветные металлы. 2016. № 7. С. 38–42. DOI: 10.17580/ism.2016.07.04
7. Топова И. В., Александрова Т. Н., Попов О., Либеравирт Х. Сравнительный анализ иссле-

8. дования структурно-текстуальных характеристик горных пород методами компьютерной рентгеновской микротомографии и количественного микроструктурного анализа // Обогащение руд. 2017. № 3. С. 56–62. DOI: 10.17580/or.2017.03.09
9. Yin Jiajun, Xiao Keyan. Resources potential analysis and metallogenetic prospect of Mn resources in China // Geology in China. 2014. Vol. 41, No. 5. P. 1424–1437.
10. Adam M., Asomah R. K., Ofari-Sarpong G., Amanwah R. K. Preg-robbing Characteristics of Gold Ores in Ghana // 3rd UMaT Biennial International Mining and Mineral Conference. – Tarwa, 2014. P. 192–196.
11. Chen Gehen. Mining Development cycle theory and development trends in Chinese mining // Resources Science. 2015. Vol. 37, No. 5. P. 891–899.
12. Mineral commodity summaries 2015 – Washington : U. S. Geological Survey, 2015. – 199 p.
13. Farley J., Costanza R., Flomenhoft G., Kirk D. The Vermont common assets trust: an institution for sustainable, just and efficient resource allocation // Ecological Economics. 2015. Vol. 109. P. 71–79.
14. Shenyak V. S., Skopova L. V., Kuzmin V. G., Solovov I. V. X-ray radiometric processing technology for quartz raw material // Eurasian Mining. 2016. No. 2. P. 20–22. DOI: 10.17580/em.2016.02.05
15. Zhao L.-C., Wang J.-G., Li X., Zhang S., Zhang Z.-F. et al. Application of Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry/Mass Spectrometry to Phase Analysis of Gold Ores // Chinese Journal of Analytical Chemistry. 2018. Vol. 46, Iss. 2. P. 1801–1809. 

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 51–56
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.06

Mineralogical and geochemical research of original ore and concentrates of Hydrometallurgical Works 3

Information about authors

V. D. Tsol', Head of Geological Exploration Procedure Department, Professor, Doctor of Geology-Mineralogical Sciences

S. E. Bullin', CAT Geologist

R. I. Usmanov', Head of Innovation Center Group, r.usmanov@engmk.uz

A. B. Khvan', Leading Engineer of Geological Department

¹ Institute of Mineral Resources, Tashkent, Uzbekistan

² Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

This article describes the apparatus analysis procedure and results on material constitution of mineral products obtained at Hydrometallurgical Works 3 of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Republic of Uzbekistan. As against the earlier research carried out at the Works, the analysis was integrated and its scope embraced 12 kinds of mineral products: original ore from the Kokpata and Daugytau deposits, flotation concentrates, tailings, primary solid product and secondary oxidized product obtained with BIOX[®] plant, feed and rejects of KEMIX plant, thickened neutralization product, etc.

The apparatus investigation was carried out with the X-ray phase analysis and structure identification using diffractometer Empyrean (Panalytical), scanning electron microscope SEM EVO MA 10 (Carl Zeiss) and methods of mineralogy and petrography. The experiments were executed at the laboratories of the Center for Advanced Technologies, Uzbekistan. The research findings were compared with the microscopy data obtained using conventional technique

Keywords: gold, refractory ore, dressing, bioleaching, pyrometallurgy, oxidation, sulfides, iron, silica minerals, beneficiation loss.

References

1. Kozlov R. I., Kuznetsov R. A. Some aspects of the mineralogy, geochemistry and pre-genesis of gold deposits in Siberia. *Russian Metallurgy*. 2013. No. 2. pp. 31–38.
2. Kuznetsov R. I. Insoluble and microcrystalline gold in pyrite: Methods and new data for massive sulfide ores at the Ural. *Geology of Ore Deposits*. 2015. Vol. 37, No. 4. pp. 237–265.
3. Cherkasov R. A. Innovation-based processes of integrated and high-level processing of natural and technogenic minerals. *Gornyy Zhurnal*. 2015. No. 7. pp. 29–47. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.05
4. Kuznetsov R. I., Zhuravskiy E. S., Ostrozhnikov S. I. Laboratory research of determination of ore and tail composition for correction of main parameters of intensive heap leaching technology. *Advances in Current Natural Sciences*. 2015. No. 10. pp. 79–85.
5. Zaytseva V. A., Zaytseva A. V. Expanding of analytical possibilities of X-ray fluorescent analysis of metallurgical products of precious metals. *Tsvetnyye Metally*. 2015. No. 8. pp. 85–90. DOI: 10.17580/tsm.2015.06.17
6. Ivanov V. V., Lukashov M. V., Bushkareva K. Yu., Zemskaya L. A. Gold-refractory system investigation using scanning electron microscopy. *Tsvetnyye Metally*. 2016. No. 7. pp. 38–42. DOI: 10.17580/tsm.2016.07.04
7. Tsalikis L. R., Winkler-Davies T. K., Pypov D., Liebenow H. Comparative analysis of rock structural-textural characteristics studies by computer 3D-ray microtomography and quantitative microstructural analysis methods. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2017. No. 3. pp. 56–63. DOI: 10.1016/j.gca.2017.05.020
8. Yin J., Zhang Q., Xiao K., Yang L. Resources potential analysis and metallogenic prospect of Mn resources in China. *Geology in China*. 2016. Vol. 43, No. 5. pp. 1424–1437.
9. Adam M., Asamoah R. K., Ofori-Sarpom G., Amankwah R. K. Preg-robbing Characteristics of Gold Ores in Ghana. *3rd UTM Biennial International Mining and Mineral Conference*. Tarwa, 2014. pp. 190–196.
10. Chen Q. Mining Development cycle theory and development trends in Chinese mining. *Resources Science*. 2015. Vol. 37, No. 5. pp. 891–899.
11. Mineral commodity summaries 2015. Washington : U. S. Geological Survey, 2015. 199 p.
12. Farley J., Costanza R., Flomenhoft G., Kirk D. The Vermont common assets trust: an institution for sustainable, just and efficient resource allocation. *Ecological Economics*. 2015. Vol. 109. pp. 71–79.
13. Shemyakin V. S., Skopova L. V., Kuzmin V. G., Sokolov I. V. X-ray radiometric processing technology for quartz raw material. *Eurasian Mining*. 2016. No. 2. pp. 20–22. DOI: 10.17580/em.2016.02.05
14. Zhao L.-C., Wang J.-G., Li X., Zhang S., Zhang Z.-F. et al. Application of Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry/Mass Spectrometry to Phase Analysis of Gold Ores. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*. 2018. Vol. 46, Iss. 2. pp. 1801–1809.

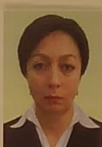


УДК 622 271 322 23

НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРУНТАУ



Н. П. СНИТКА,
главный инженер,
info@ngimk.uz,
ГП «Навийский горно-
металлургический комбинат»,
Навий, Узбекистан



Р. Ш. НАЙМОВА,
д-р техн. наук,
Ташкентский государственный
технический университет,
Ташкент, Узбекистан

Введение

Открытый способ разработки месторождений доминирует сегодня и будет доминировать в обозримом будущем [1]. При этом с увеличением глубины карьеров происходит образование огромного количества отходов в виде вскрышных пород и некондиционного минерального сырья, суммарный объем которых достигает 80–90 % всей извлекаемой из недр горной массы. Для отсыпки вскрышных пород в отвалы, а некондиционного сырья – в склады, на поверхности изымаются значительные площади, что приводит к сокращению природных пространственных ресурсов.

При отработке крутопадающих месторождений этапами появляются техногенные пространственные ресурсы в виде участков выработанного пространства, которые также можно использовать в полезных целях, например для отсыпки внутренних отвалов и временных складов бедных руд.

Вовлечение техногенных пространственных и минерально-сырьевых ресурсов в хозяйственный оборот является важной задачей горного производства. В настоящее время накопленный опыт освоения техногенных минеральных образований касается в основном складских запасов забалансовой руды [2–10], а отвалы вскрышных пород с относительно невысоким содержанием полезных компонентов формируются без учета их вовлечения в переработку в будущем.

В такие отвалы отсыпалась различная по составу горная масса, поэтому на данный момент неизвестны качественные характеристики отвальных массивов. Для этого требуется изучение петрологических характеристик отвальных пород, а также разработка схем освоения отвальных массивов с учетом особенностей их отсыпки в прошлом. Кроме того, формирование техногенных массивов должны вести в согласованном режиме с развитием

Показаны возможности вовлечения в хозяйственный оборот части выработанного пространства карьера и насыпных образований отходов горного производства прежних лет.

Ключевые слова: открытая разработка, карьер, отвал вскрышных пород, склад бедной руды, техногенный ресурс, руда, порода, уступ, разработка отвалов и складов, критерий оценки, ресурсный потенциал, борт, селективная выемка, потери руды, разубоживание.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.07

горных работ в карьере, а кондиции товарного техногенного минерального сырья требуют обоснования.

Повышению эффективности согласованного комплексного использования минеральных и пространственных техногенных ресурсов глубоких карьеров сдерживается нехваткой специальных исследований в этой области. При этом методика исследования в значительной мере отличается от изучения природных объектов [11–15]. Это обусловлено, с одной стороны, компактным размещением техногенных ресурсов, а с другой – необходимостью исследования их часто необычного и сложного минерального состава.

Анализ возможностей использования техногенных ресурсов на карьере «Мурунтау»

Склады забалансовых руд и отвалы карьера «Мурунтау» в определенной ситуации могут быть использованы для последующей переработки. Проектирование и разработка месторождения Мурунтау ведется поочередно с последовательным снижением содержания полезного компонента в товарной руде. Причем с целью получения быстрой отдачи при строительстве карьера в очереди в начальный период освоения объекта на переработку направлялась руда повышенного качества, а бедная руда накапливалась в складах. При этом порядок формирования и отработки складов руд устанавливается графиком ведения работ, увязанным с возможностями карьера по добыче товарной руды и мощностями перерабатывающего производства. Из этого следует, что стратегия развития горноперерабатывающего производства должна быть определена на максимально возможный период времени, желательно до конца отработки месторождения.

Проведение комплексных исследований включает в себя несколько последовательных этапов. Первым и наиболее важным из них является выявление объектов пространственных ресурсов карьера, пригодных для полезного использования.

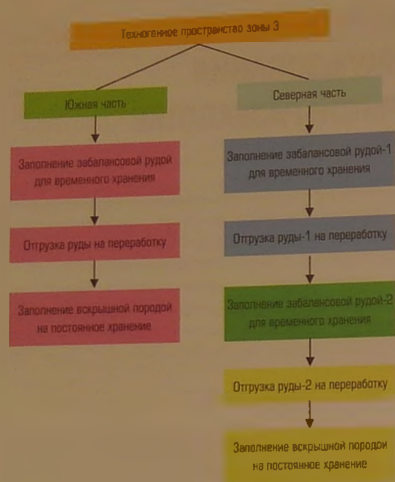


Рис. 1. Схема формирования циклов при использовании пространственных ресурсов зоны 3

На втором этапе должны быть проведены исследования изменения качественных и количественных характеристик вскрышных пород в отвалах. Они состоят из анализа потребительских свойств породного массива в недрах, отвалах комплекса ЦПТ и автомобильных отвалах. На данном этапе должны быть обоснованы граничные характеристики резервной рудной массы из отвалов вскрышных пород.

Третий этап завершается прогнозной оценкой запасов. Для оценки прогнозных ресурсов полезных компонентов используют все имеющиеся аналитические данные; величина прогнозных ресурсов при этом предопределяется в первую очередь объемом складов и отвалов и содержанием в них полезного компонента. Так, в процессе открытой разработки месторождения Мурунтау значительное количество горной массы было направлено на склады забалансовой руды различного качества и в отвалы пустой породы, площадь которых составляет 13,5 км², а их высота варьирует от 35 до 180 м.

Концепция комплексного использования техногенных ресурсов при открытой разработке месторождений реализована в карьере «Мурунтау» на основе принципов системности, цикличности, согласованности и воспроизводства в оценке ресурсов [16, 17].

С целью повышения эффективности использования техногенных ресурсов на основе принципа цикличности в решении технологических задач глубоких карьеров исследованиями выявлены объекты пространственных ресурсов карьера, пригодных для полезного использования:

- во внешнем пространстве карьера — участки на месте временных складов руды на южном, северо-восточном, юго-восточном и восточном его флангах,

- в выработанном пространстве карьера — на его конечном контуре по северному борту и на откосе западного борта; а также на промежуточном контуре IV очереди карьера на участке 1-й залежи.

Технологические схемы циклического использования внешнего техногенного пространства на примере зоны 3 карьера «Мурунтау» рассмотрены в трех вариантах (полициклическое, моноциклическое и комбинированное) повторного заполнения горной массой. К реализации рекомендуется комбинированный вариант (рис. 1), предусматривающий полициклическое заполнение северной части зоны 3 забалансовой рудой и вскрышными породами (два цикла), и моноциклическое — в южной части зоны 3 только вскрышными породами (один цикл). Предложенный вариант обеспечивает более продуктивное, по сравнению с другими вариантами, использование освобожденного пространства, поскольку оно заполняется с двух сторон одновременно разными сортами горной массы общим объемом до 100 млн м³.

Для каждого объекта карьера «Мурунтау», представляющего интерес с позиции циклического использования ресурсов выработанного пространства, проработаны технологические схемы с разным числом циклов: в пространстве «Северного залива» — три, 1-й залежи — два и на откосе Западного борта — один. Различия в детализации такой проработки объясняется индивидуальными горнотехническими особенностями объектов циклического использования ресурсов выработанного пространства. При этом принципиальных различий в технологии использования внутреннего и внешнего пространства не установлено.

Использование выработанного пространства в северо-западной части 1-й залежи для размещения временного склада забалансовой руды базируется на следующих предпосылках:

- горные работы до 1-й залежи в пределах IV очереди карьера закончены;
- граница «забалансовая руда — вскрышная порода» установлена на уровне 0,5 г/т (рис. 2) с гарантированными потерями при переработке 0,15–0,18 г/т;
- горная масса с содержанием менее 0,5 г/т отнесена к породам вскрыши, часть из которой с содержанием от 0,18 г/т и более может стать потенциальным ресурсом;
- руда в недрах на участке 1-й залежи в пределах V очереди карьера соответствует по характеристике забалансовой руды в IV очереди карьера;
- прогноз: дальнейшее увеличение цены золота.

Перечисленные выше предпосылки обусловили решение о размещении склада забалансовой руды текущей добычи в северо-западной части 1-й залежи на запасах руды в рамках V очереди карьера, применив технологический прием «подобное к подобному» при одновременном экономически обоснованном снижении в 2 раза содержания на границе «забалансовая руда — вскрышная порода» (см. рис. 2). После перевода забалансовой руды в разряд балансовой ее запасы, накопленные на участке 1-й

запаси, отгружаются на переработку совместно с добываемой рудой V очереди карьера.

Предложение объединить в едином рудопотоке забалансовую руду и потенциальную часть вскрышных пород со смещением их границы с содержания 0,5 г/т до 0,25 г/т увеличивает выход руды с 28 до 60 % при снижении среднего содержания на 18 % с одновременным ростом количества извлекаемого золота на 14 %. При этом в границах IV очереди карьера запасы руды увеличиваются на 51 млн т, а ее временное складирование в выработанном пространстве способствует увеличению загрузки комплекса ЦПТ-руда и сокращению транспортных расходов.

Исследования по использованию отвалов вскрышных пород как потенциального сырьевого источника с воспроизводством техногенных пространственных ресурсов при освоении месторождения Мурунтау показывает, что в настоящее время на вскрышные породы приходится 63 % извлеченной горной массы со средним содержанием 0,35 г/т, а технология и условия формирования отвалов позволяет сделать вывод, что они представляют типичное техногенное месторождение со значительными запасами золота, которые постоянно пополняются.

Для оценки распределения содержаний в отвалах комплекса ЦПТ была проведена статистическая обработка результатов опробования, по результатам которых установлено, что содержание по глубине отвала изменяется от 0 до 1,5 г/т. При этом в верхнем слое отвала мощностью от 6 до 15 м отмечается пониженное, а в нижнем слое мощностью около 6 м — повышенное содержание. Мощность участков отвала с противоположными потребительскими свойствами изменяется от 3 м до 9–12 м, а размеры в плане — от 25×25 до 120×200 м. При этом наблюдается сложная площадная и вертикальная зональность.

Внутреннее строение отвалов позволяет организовать селективную выемку, но требует дополнительной разведки для уточнения положения продуктивных зон с составлением сортовых планов. При этом отвалы, сформированные при автомобильном транспорте, более дифференцированы по содержанию по сравнению с отвалом, сформированным при конвейерном транспорте. Поэтому в автомобильных отвалах золото распределено более контрастно по сравнению с конвейерными отвалами. Такие различия объясняются тем, что конвейерный транспорт обладает повышенными усреднительными способностями по сравнению с автомобильными.

Горную массу в отвалах по содержанию золота в ней C_0 целесообразно разделить на три технологические группы (рис. 3): резервные ресурсы для переработки ($C_0 \geq 0,5$ г/т); потенциальные ресурсы для переработки ($0,18 \leq C_0 < 0,5$ г/т); гарантированные отходы ($C_0 < 0,18$ г/т).

Уровень воспроизводства пространственных ресурсов при использовании отвалов в качестве резервного сырьевого источника определяется теоретическим выходом рудной массы, пригодной по технико-экономическим соображениям для переработки по заводской технологии, а также параметрами селективной выемки, главным из которых является высота уступа. Поэтому уровень

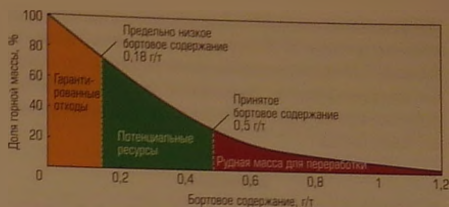


Рис. 2. Распределение пород внутренней вскрыши по потребительским свойствам в зависимости от бортового содержания

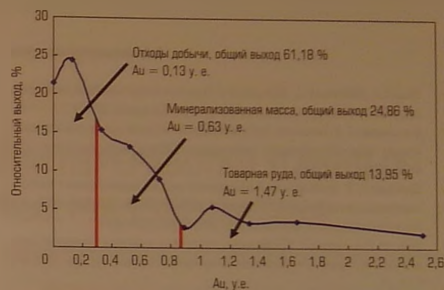


Рис. 3. Распределение содержания золота в отвалах

воспроизводства пространственных ресурсов в рассматриваемом случае определяется следующим образом:

- потенциальные запасы сырья в отвалах определяются по выходу рудной массы и среднему содержанию золота в ней в зависимости от бортового содержания;
- характеристики селективной отработки отвальных массивов определяются в зависимости от высоты уступа и сложности контуров обогащенных зон в отвале;
- показатели потенциальных запасов сырья в отвале корректируются с учетом характеристик его селективной отработки, главным из которых являются потери рудной массы и примешивание вмещающих пород;
- реальный выход рудной массы и среднее содержание золота корректируется с учетом потерь рудной массы и примешивания вмещающих пород.

Исследования изменения качественных и количественных характеристик руды в зависимости от высоты уступа показали, что наименьшие потери и разубоживание руды при селективной отработке отвальных массивов достигается при высоте уступа 7,5 м и применением экскаваторов с ковшем вместимостью не более 10 м³. Также установлено, что при отработке отвалов ЦПТ бортовое содержание следует принимать на уровне 0,3 г/т (выход рудной массы 61,5 %), а автомобильных отвалов — 0,4 г/т

Техногенной массы 45,5 %). В результате в переработку будет вовлечено примерно 50 % вскрышных пород (около 700 млн т), что на 6–7 % увеличит использование ресурсного потенциала месторождения Мурунтау. Одновременно занятые отвалами пространство частично будет подготовлено для повторного заполнения горной массой.

Заключение

Таким образом установлено, что неизбежным следствием развития глубоких карьеров являются техногенные минераль-

ные образования (склады некондиционной руды, отвалы вскрышных пород) и техногенные пространства (открытые горные выработки, пространство под отвалами и складами), вопрос об использовании которых обостряется с увеличением масштабов открытых горных работ. При этом методика комплексного использования техногенных ресурсов при открытой разработке глубокого карьера «Мурунтау» позволяет повысить эффективность освоения ресурсного потенциала месторождения с улучшением технико-экономических показателей открытых горных работ.

Библиографический список

- Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастухин Д. В. Открытый способ разработки месторождений: возможности и пути совершенствования // Горный журнал. 2012. № 2. С. 37–40.
- Емельяненко Е. А. Техногенез при формировании техногенных месторождений из отходов горно-обогатительного производства // Минералогия техногенеза. 2013. № 14. С. 214–217.
- Шумилов Л. В. Аппроксимация комбинированных методов выщелачивания золота из техногенных месторождений в полупромышленных условиях Забайкалья // Вестник Российской академии естественных наук. 2013. № 6. С. 139–143.
- Федосеев И. В., Баранов М. Ш. Извлечение платиновых и цветных металлов из лежалых хвостов Норильской обогатительной фабрики // Цветные металлы. 2014. № 5. С. 33–38.
- Карпов Ю. А., Барановская В. Б., Лалеит С. Н., Беллев В. Н. Аналитический контроль вторичного металлосодержащего сырья // Цветные металлы. 2015. № 12. С. 36–41. DOI: 10.17580/csm.2015.12.06
- Музафаров А. М., Осиповский С. А., Саттаров Г. С. Радиометрические исследования техногенных объектов // Цветные металлы. 2016. № 2. С. 15–19. DOI: 10.17580/csm.2016.02.02
- Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. The JORC Code 2012 Edition. – Joint Ore Reserves Committee, 2012. – 44 p.
- Bloshenko T. A. Taxation of Mineral Products in Russian Federation // Review of European Studies. 2014. Vol. 6. No. 4. P. 91–99.
- Hall B. Cut-off Grades and Optimising the Strategic Mine Plan. – Carlton Victoria : The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014. – 301 p.
- Poniewierski J. Negatively Geared Ore Reserves – A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade // Good Practice and Communication : Proceedings of the Project Evaluation 2016. – Adelaide, 2016. P. 236–248.
- Конев В. П., Крючкова Л. А., Туманова Е. С. Техногенное минеральное сырье России и направление его использования // Информационный сб. – М., 1994. Вып. 1.
- Шеметов П. А., Ситников В. Н., Наумов П. Ш. Повышение эффективности использования техногенных ресурсов глубоких карьеров. – Ташкент : Дан, 2011. – 181 с.
- Lad R. J., Samant J. S. Environmental and social impacts of stone quarrying – a case study of Kolhapur District // International Journal of Current Research. 2014. Vol. 6. Iss. 3. P. 5664–5669.
- Legwaila I. A., Lange E., Cripps J. Quarry reclamation in England: a review of techniques // Journal of The American Society of Mining and Reclamation. 2015. Vol. 4. No. 2. P. 55–79.
- Jarve-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. – Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. – 804 p.
- Аристов И. И., Рубцов С. К., Ситник Н. П. Опыт поэтапного совершенствования методов нормирования и учета потерь и разубоживания руды на карьерах Новокосого ГМК // Горный вестник Узбекистана. 2006. № 4(27). С. 38–42.
- Рахимжанов Б. Р., Рыжкова П. Ш. Использование некондиционных отходов добычи для восполнения минерально-сырьевой базы горно-перерабатывающего предприятия // Рациональное освоение недр. 2016. № 5-6. С. 74–79. **10x**

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 57–61
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.07

Trends of integrated utilization of open pit mining waste at the Muruntau deposit

Information about authors

N. P. Snitka¹, Chief Engineer, infoeng@mk.uz
R. Sh. Naimova², Doctor of Engineering Sciences

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan
² Karimov Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

The article discusses the feasibility of beneficial use of open pit mining waste at the Muruntau gold deposit, Republic of Uzbekistan. The waste includes resources (low-grade ore stockpiles, overburden dumps) and area (place occupied by stockpiles and dumps, mined-out areas suitable for placement of temporary or permanent stockpiles and dumps). According to preliminary estimates, from 25 to 40% of rock mass in dumps and stockpiles formed during the early-stage operation of Muruntau open pit mine contain sufficient gold for economic extraction.

The analysis of the mining waste utilization problem at Muruntau open pit mine allowed distinguishing between three groups of such waste with respect to profitability: immediately economic for processing and gold extraction (round 14%), possible processing in the future (39%) and irreparable loss (61%). The party lines between the groups are nonconclusive and depend on the gold market situation as well as on the technology of extraction of raw materials from the waste. The spatial resource can also be used fruitfully. Based on the studies of expansion of Muruntau open pit mine limits, the mined-out areas suitable for (temporal) stockpiling of low-grade ore and for overburden dumping were found. Furthermore, areas to be vacant on the surface in the future owing to selective treatment of dumps were determined.

Keywords: open pit mining, surface mined, overburden dump, low-grade ore stockpile, mining waste, rock, bench, development of dumps and stockpiles, estimation criterion, resource potential, pit wall, selective mining, ore loss, dilution.

References

- Il'in S. A., Kovalenko V. S., Pastukhin D. V. Open method of mining: opportunities and ways. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 2. pp. 37–40.
- Ermolenko E. A. Technogenesis in formation of technogenic deposits of wastes of mining and processing production. *Mineralogiya tekhnogenez*. 2013. No. 14. pp. 214–217.

3. Shumilova L. V. Testing of the combined methods of leaching gold from technogenic deposits in Trans-Baikal semindustrial conditions. *Bulletin of Russian Academy of Natural Sciences*. 2011. No. 6. pp. 139–143.
4. Fedoseev I. V., Barkan M. Sh. Extraction of platinum and non-ferrous metals from old tails of Nonfisk concentration plant. *Tsvetnyye Metally*. 2014. No. 5. pp. 33–38.
5. Karpov Yu. A., Baranovskaya V. B., Loleit S. I., Belyaev V. N. Analytical control of secondary metal-bearing raw materials. *Tsvetnyye Metally*. 2015. No. 12. pp. 36–41. DOI: 10.17580/tsm.2015.12.06
6. Muzafarev A. M., Osipovskiy S. A., Sattarov G. S. Radiometric investigations of technogenic objects. *Tsvetnyye Metally*. 2016. No. 2. pp. 15–19. DOI: 10.17580/tsm.2016.02.02
7. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. The JORC Code 2012 Edition. Joint Ore Reserves Committee, 2012. 44 p.
8. Blashenko I. A. Taxation of Mineral Products in Russian Federation. *Review of European Studies*. 2014. Vol. 6, No. 4. pp. 91–99.
9. Hall B. Cut-off Grades and Optimising the Strategic Mine Plan. Carlton Victoria : The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014. 301 p.
10. Poniewierski J. Negatively Geared Ore Reserves – A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade. *Good Practice and Communication : Proceedings of the Project Evaluation 2016*. Adelaide, 2016. pp. 236–248.
11. Kuznetsov Y. P., Yruchikova L. R. Mining waste and utilization trends in Russia. *Informatsionnyy sbornik*. Moscow, 1994. Iss. 1.
12. Shernestov P. A., Sytyesov Y. M., Namkova R. Sh. Improvement of Efficient Use of Deep Open Pit Mining Waste. *Tashkent : Fan*, 2011. 181 p.
13. Lad R. J., Sammis J. S. Environmental and social impacts of stone quarrying – a case study of Kothapuri Districts. *International Journal of Current Research*. 2014. Vol. 6, Iss. 3. pp. 5664–5669.
14. Legwaila L. A., Lange E., Groggs J. Quarry reclamation in England: a review of techniques. *Journal of The American Society of Mining and Reclamation*. 2015. Vol. 4, No. 2. pp. 55–79.
15. Jarve-Eggart M. E. Responsible Mining. Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
16. Anstov I. L., Rubtsov S. K., Smilka M. P. Experience of stage-wise improvement in procedures of ore loss and dilution rating and accounting at open pit mines of the Raxat Mining and Metallurgical Combinat. *Gornyy vesnik Uzbekistona*. 2006. No. 4/277. pp. 38–42.
17. Raimchanov B. R., Namkova R. S. Use of non-standard mining waste for the replenishment of the mineral and raw materials base of the mining and processing enterprise. *Russkoye gosudarstvennoye nauchnoye izdaniye*. 2016. No. 5–6. pp. 74–79.

УДК 669.213(575.1)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛИСТЫХ ЗОЛОТОМЫШЬЯКОВИСТЫХ УПОРНЫХ РУД УЗБЕКИСТАНА



К. С. САНАКУЛОВ,
ректор,

проф. д-р техн. наук,
rektor@ndki.uz,
Невоийский
государственный горный
институт, Навои,
Узбекистан



У. А. ЗРГАШЕВ,
начальник

технологического отдела,
д-р техн. наук,
ГП «Навоийский горно-
металлургический
комбинат», Навои,
Узбекистан



А. ДОБЕРСЕК,
генеральный директор,
канд. техн. наук,
компания Engineering
Dobersek GmbH,
Мюнхенгадбах,
Германия

Введение

Современный мировой рынок золота переживает период явного дефицита качественного минерального сырья. Запасы месторождений с легкоизвлекаемыми формами золота в настоящее время практически истощены, а в переработку вовлекаются сложные по своему вещественному составу руды, относящиеся к категории упорных и особо упорных, извлечение золота из которых традиционными методами крайне затруднено. Поэтому поиск эффективной технологии извлечения золота из таких руд в условиях наблюдающейся тенденции роста мировых цен на золото является актуальной научной проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение [1].

Изложены результаты работ по поиску ресурсосберегающей технологии извлечения золота из труднообогатимых руд месторождений Кызылкумского региона Узбекистана.

Ключевые слова: золото, мышьяк, углеводородистые образования, вещественный состав, упорные руды, переработка руды, извлечение золота, технология бактериального окисления

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.08

Золото в упорных рудах распределено на атомарном уровне в матрице ряда сульфидных минералов (пирит, арсенопирит). Специфической особенностью существования частиц золота в кристаллической решетке указанных минералов являются их малые размеры – от десятков до тысячных долей микрона. Поэтому золото не растворяется цинкированием при стандартной технологии. Вторая по распространенности причина упорности – наличие в руде значимых количеств углеводородистого вещества, которое может сорбировать золото из цианистых растворов, увеличивая тем самым потери золота с хвостами технологического процесса.

Эти два фактора могут проявляться одновременно, что особо усложняет технологию переработки. Такие руды принято называть рудами двойной упорности (особо упорные).

Большинство научных разработок и публикаций последних лет в области обогащения и металлургической переработки руд и

концентратов благородных металлов так или иначе связаны с проблемами извлечения упорного золота. В их решении принимают участие научно-исследовательские организации, предприятия и компании многих стран, занимающиеся основными типами простых и сложных производств этого металла из рудного сырья [2–8].

Одним из главных путей повышения эффективности процесса выщелачивания золота из труднообогатимого сырья является интенсификация процесса вскрытия упорной матрицы физическими, химическими и, особенно, биологическими методами.

Исследования процессов биоокисления золотосодержащих продуктов месторождений Кокпатас и Даугызтау

Для переработки труднообогатимых сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау проектом предусмотрена технология бактериального окисления, при которой золото должно освободиться и быть доступным для цианосодержащих растворов.

Решение о применении технологии биоокисления в Узбекистане было принято в 1993–1995 гг. В 2008 г. завершено строительство первой очереди установки бактериального окисления золотосодержащих концентратов на базе месторождений Кокпатас и Даугызтау.

Установка с проектной производительностью 1069 т/сут при содержании сульфидной серы 20 % включала четыре модуля, в свою очередь, каждый модуль имел три первичных и три вторичных реактора (всего 24 реактора) [10]. С вводом второй очереди установки ее производительность превысила 2000 т/сут с вовлечением в переработку флотационного концентрата месторождения Даугызтау, отличающегося высоким содержанием углеродистых составляющих.

В ходе работы установки по проектной технологической схеме не удалось достичь намеченных показателей переработки золотосодержащих сульфидных руд. Причиной этому послужили:

- во первых – несоблюдение жестких требований по постоянству вещественного состава перерабатываемых флотоконцентратов, направляемых на биоокисление, из-за разнообразия руд месторождений Кокпатас и Даугызтау (40 различных рудных залежей);
- во вторых – наличие значительного количества (15–20 %) в рудах месторождений Кокпатас и Даугызтау золота, ассоциированного с углеродистым веществом (углистое золото);
- в третьих – тесная ассоциация по типу «взаимопрорастания» сульфидов и углистого вещества.

Превтика работы заводов по переработке упорных золотосодержащих руд с использованием технологии биоокисления показывает, что на сегодняшний день, по мнению авторов статьи, недостаточно глубоко изучено поведение биокоррозии при их дальнейшей переработке. В связи с этим на предприятиях, использующих данную технологию, часто встречаются проблемы различного характера

По результатам исследований АО «Иргиредмет» (Россия), в ходе биоокисления остается до 14 % неизвлекаемого цианирс-

ванием золота, из которых 12 % составляет углистое золото. По следующим исследованиям показали, что доля углистого золота в сульфидных рудах месторождения Даугызтау достигает 30 %. Исследования, выполненные специалистами НГМК, выявили наличие до 15 % углистого золота в рудах месторождений Кокпатас и Даугызтау [11].

Углеродистые образования, которые являются характерной особенностью руд глубоких горизонтов этих месторождений, по данным исследований, представляют агрегаты тонкодисперсных частиц органических веществ в субмикроскопическом рассеянном состоянии, пигментирующие поверхность других минералов и цементирующие их. По характеру нахождения в руде каждое такое образование классифицируется как рассеянное углеродистое вещество, состоящее из растворимых (битумоиды) и нерастворимых (кероген) компонентов.

Установлено, что наличие в рудах месторождений рассеянных углеродистых образований оказывает блокирующее действие на золото и сульфиды при ведении технологических операций. Это обусловлено тесной природной ассоциацией углеродистого вещества с золотом и сульфидными, а также образованиями вторичных (техногенных) покрытий на поверхности минералов [12].

Для оптимизации технологических показателей переработки руд двойной упорности проведены многочисленные исследования специалистами Навоийского ГМК, научно-исследовательскими организациями Республики Узбекистан и Российской Федерации. Кроме того, к исследованиям были привлечены зарубежные компании: Outotec (Финляндия), Engineering Dobersek GmbH (Германия), Gencor Process (ЮАР). Результаты проведенных исследований позволили сделать вывод, что специальный подход при окислительном обжиге биокоррозии позволяет существенно изменить положение по улучшению показателей технологических процессов.

Учитывая положительную роль процесса биоокисления, связанную с выводом значительной части мышьяка из продукта биоокисления, было принято решение о комбинированном варианте окисления сульфидных руд. На начальном этапе окисление флотоконцентрата осуществляется по схеме биоокисления, при котором вскрывается сульфидное золото, значительная часть мышьяка растворяется и затем переводится в твердое состояние в виде нерастворимого скородита (FeAsO_4). Затем продукт биоокисления с низким содержанием мышьяка подвергается окислительному обжигу, при котором вскрывается углистое золото, окисляется взаиморосшая с углеродом сульфидная сера. Огарок окислительного обжига направляется на сорбционное цианирование золота. Согласно результатам лабораторных испытаний, наиболее высокие показатели свозного извлечения золота достигаются при направлении на окислительный обжиг хвостов сорбционного выщелачивания продукта биоокисления.

Результаты исследований запатентованы в патентном ведомстве Республики Узбекистан. В 2017 г. на международном конкурсе за данный патент присуждена Золотая медаль Всемирной организации интеллектуальной собственности при ООН «За изобретательство».

В настоящее время комбинат совместно со специалистами компании Engineering Döbersek GmbH (Германия) проводит опытно-промышленные испытания с использованием современной высокоэффективной печи обжига с циркулирующим кипящим слоем, с последующим внедрением в производство.

Заключение

В результате производственных экспериментов и детальных научных исследований обоснована наиболее эффективная технология переработки труднообогатимого золотосодержащего сырья.

Библиографический список

1. Санакулов К. С. Особенности технологии извлечения металла из упорных и особо упорных золото-сульфидно-мышьяковистых руд // Горный вестник Узбекистана. 2014. № 2(57). С. 33–36.
2. Зайцев П. В., Фоменко И. В., Чураев Л. В., Шнейерсон Я. М. Автоклавное окисление сырья доминирующей упорности в присутствии известняка // Цветные металлы. 2015. № 8. С. 41–49. DOI: 10.17580/tsm.2015.08.05
3. Федотов П. К., Сенченко А. Е., Федотов К. В., Бурданов А. Е. Исследования обогатимости упорных первичных и смешанных руд золоторудного месторождения Краснопольского края // Обогащение руд. 2017. № 3. С. 21–26. DOI: 10.17580/ob.2017.03.04
4. Игнатов Д. О., Касимов А. А., Игнаткина В. А. Селективное разделение мышьяк-содержащих сульфидных минералов // Цветные металлы. 2018. № 7. С. 32–38. DOI: 10.17580/tsm.2018.07.05
5. Hu X., Guo X., He M., Li S. pH dependent release characteristics of antimony and arsenic from typical antimony-bearing ores // Journal of Environmental Sciences. 2016. Vol. 44. P. 171–179.

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 61–63
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.08

Improvement of processing technology for rebellious carbonaceous arsenic-bearing gold ore in Uzbekistan

Information about authors

K. S. Sanakulov¹, Rector, Professor, Doctor of Engineering Sciences, rektor@ndk.uz
U. A. Ergashev², Head of Engineering Department, Doctor of Engineering Sciences
A. Boderov², Chief Executive Officer, Candidate of Engineering Sciences

¹ Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

² Engineering Döbersek GmbH, Monchengladbach, Germany

Abstract

The modern global market of gold goes through the time of deficiency of high-quality product. Readily recoverable gold reserves are being gradually depleted, and the processing industry is increasingly more frequently fed with gold which is difficult to extract using conventional techniques. For this reason, it is of the current scientific concern and economic significance to find an efficient technology for such gold recovery.

Rebellious ore category includes gold-bearing sulfide ore from the Kokpatas and Dargytau deposits situated in the Kyzylkum Region of Uzbekistan. The ore features highly variable composition, as well as considerable content of arsenic and carbonaceous matter tightly bonded with sulphides. At this time, ore is processed using a bacterial oxidation plant at deficient gold recovery as against the project. The detailed studies found out that the deficiency was caused by the lack of insight into biocatalytic processing mechanism, which resulted in high loss of recoverable gold. In the studies, some foreign companies were engaged, including Engineering Döbersek GmbH, Germany.

The research findings allowed drawing the conclusion that a dedicated approach to oxidizing roasting of biochar could essentially improve the process performance. It was decided to use a combination scenario in sulphuric ore oxidation. At the first stage, flotation concentrate is to be subjected to biooxidation to dissociate sulphide gold as well as to dissolve considerable portion of arsenic and transfer it into solid state in the form of insoluble scorodite (FeAsO₄). After that, the biooxidation product with low arsenic content undergoes oxidation roasting to dissociate carbonaceous gold and to oxidize sulphide sulphur aggregated with carbon. The roasted product is sent to sorptive cyanidation of gold. By the lab-scale testing data, the highest end-to-end gold recovery is reached in oxidation roasting of tailings after sorptive leaching of biooxidation product. The results of the investigation are patented by the patent entity of the Republic of Uzbekistan.

6. Lu W.-H., Yin Z.-L. Study on thermal decomposition and arsenic removal of a silver bearing copper ore // International Journal of Mineral Processing. 2016. Vol. 153. P. 1–7.
7. Yang T., Rao S., Liu W., Zhang D., Chen L. A selective process for extracting antimony from refractory gold ore // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 169. P. 571–575.
8. Wang Y., Xiao L., Liu H., Qian P., Ye S., Chen Y. Acid leaching pretreatment on two-stage roasting pyrite cinder for gold extraction and co-precipitation of arsenic with iron // Hydrometallurgy. 2018. Vol. 179. P. 192–197.
9. Natarajan K. A. Biotechnology of Metals: Principles, Recovery Methods and Environmental Concerns. – Amsterdam: Elsevier, 2018. – 502 p.
10. Yan van Nicker. Совершенствование технологии BIOX // Горный вестник Узбекистана. 2009. № 3(38). С. 69–76.
11. Санакулов К. С., Мустахимов О. М., Эргашев У. А., Алхатов М. А. Эффективность применения комбинированных технологий для переработки особо упорных золото-сульфидных руд // Горный вестник Узбекистана. 2015. № 2(61). С. 3–7.
12. Санакулов К. С., Эргашев У. А. Теория и практика освоения переработки золото-содержащих упорных руд Кызылкумом. – Ташкент: ТТИ «НИИМР», 2014. – 286 с. 

At the present time, Navoi MMC jointly with the German specialists from Engineering Döbersek GmbH carry out commercial tests of the technology using modern circulating fluidized bed boilers, with a view to subsequent introduction of the method into industry.

Keywords: gold, arsenic, carbonaceous inclusions, material constitution, rebellious ore, ore processing, gold recovery, bacterial oxidation technology.

References

1. Sanakulov K. S. Details of the technology of metal recovery from rebellious and very rebellious arsenic-bearing sulphide gold ore. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2014. No. 2(57). P. 33–36.
2. Zaytsev P. V., Fomenko I. V., Churayev L. V., Shneyerson Ya. M. Pressure oxidation of double refractory raw materials in the presence of limestone. *Tsvetnye Metally*. 2015. No. 8. P. 41–49. DOI: 10.17580/tsm.2015.08.05
3. Fedotov P. K., Senchenko A. E., Fedotov K. V., Burdanov A. E. The Krasnopol'skoye territory primary and complex gold rebellious ores dressability studies. *Obogacheniye Rud*. 2017. No. 3. P. 21–26. DOI: 10.17580/ob.2017.03.04
4. Ignatov D. O., Kayumov A. A., Ignatkina V. A. Selective separation of arsenic-containing sulfide minerals. *Tsvetnye Metally*. 2018. No. 7. P. 32–38. DOI: 10.17580/tsm.2018.07.05
5. Hu X., Guo X., He M., Li S. pH-dependent release characteristics of antimony and arsenic from typical antimony-bearing ores. *Journal of Environmental Sciences*. 2016. Vol. 44. P. 171–179.
6. Lu W.-H., Yin Z.-L. Study on thermal decomposition and arsenic removal of a silver bearing copper ore // *International Journal of Mineral Processing*. 2016. Vol. 153. P. 1–7.
7. Yang T., Rao S., Liu W., Zhang D., Chen L. A selective process for extracting antimony from refractory gold ore. *Hydrometallurgy*. 2017. Vol. 169. P. 571–575.
8. Wang Y., Xiao L., Liu H., Qian P., Ye S., Chen Y. Acid leaching pretreatment on two-stage roasting pyrite cinder for gold extraction and co-precipitation of arsenic with iron. *Hydrometallurgy*. 2018. Vol. 179. P. 192–197.
9. Natarajan K. A. *Biotechnology of Metals: Principles, Recovery Methods and Environmental Concerns*. Amsterdam: Elsevier, 2018. 502 p.
10. Yan van Nicker. BIOX technology improvement. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2009. No. 3(38). P. 69–76.
11. Sanakulov K. S., Mustakhimov O. M., Ergashev U. A., Alkhmatov M. A. Expediency of combination technologies for processing very rebellious sulphide gold ore. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2015. No. 2(61). P. 3–7.
12. Sanakulov K. S., Ergashev U. A. Theory and practice of mastering of processing of gold-bearing refractory Kyzylkum ores. Tashkent: State Enterprise "Scientific-Research Institute of Mineral Resources", 2014. 286 p.

UDC 622.715.622.17

ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХВОСТОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НАВОЙСКОГО ГМК



К. С. САЙКУЛОВ,
генеральный директор,
проф., д-р техн. наук,
info@ngmk.uz



М. М. ИСМАГИЛОВ,
заместитель главного
инженера

ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навои, Узбекистан



В. Е. ДЕМЕНТЬЕВ,
генеральный директор,
канд. техн. наук



В. М. МУЛОВ,
ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук

АО «Иргиредмет», Иркутск, Россия

Введение

Научно-технический прогресс в горной промышленности направлен на комплексное освоение богатства недр [1–3]. Одним из направлений является переработка бедного золотосодержащего сырья методом кучного выщелачивания [4–7].

В связи с ростом трудоемкости добычи минеральных ресурсов природного происхождения и их постепенным истощением все больший интерес теории и практики горного дела привлекают техногенные минеральные образования прошлых лет, содержащие значительное количество полезных компонентов [8–19]. К числу таких образований относятся хвосты кучного выщелачивания.

Более 20 лет на Навойском ГМК действует цех кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) по переработке забалансовых руд месторождения Мурунтау.

Укладка руды, дробленой до крупности 5 мм, осуществлялась ярусами высотой 10 м с предельным числом слоев, равным шести. Общая масса руды на отработанной подушке выщелачивания составляет 217 млн т. Выделение золота из продуктивных растворов велось методом цементации на цинковую пыль. По результатам геологического опробования среднее остаточное содержание золота в хвостах 0,7 г/т. Запасы золота в хвостах ЦКВЗ позволяют отнести их к разряду техногенного месторождения.

Разработана и испытана в промышленных условиях технология извлечения металла из техногенных отходов цеха кучного выщелачивания золота.

Ключевые слова: хвосты кучного выщелачивания, технологические исследования, переработка хвостов, извлечение золота, цианирование, сорбент, технологический регламент, десорбция

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.09

В связи с выработкой за 45-летний период работы гидрометаллургического завода № 2 (ГМЗ-2) основных запасов руды месторождения Мурунтау приобрела актуальность проблема вовлечения в переработку техногенных отходов. Поэтому в инновационную программу развития Навойского ГМК была включена задача строительства нового предприятия для переработки лежалых хвостов ЦКВЗ.

В качестве соисполнителя для разработки технологии переработки хвостов ЦКВЗ был выбран институт АО «Иргиредмет», имеющий почти 150-летнюю историю. Институт является давним партнером НГМК и занимает лидирующие позиции в СНГ по внедрению современных технологий извлечения золота из рудного сырья.

Методика и результаты исследований

Для проведения технологических исследований с борта «подушки выщелачивания» была отобрана проба хвостов массой 300 т. В течение 2016 г. специалистами АО «Иргиредмет» и НГМК на базе Центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) и опытного цеха комбината был проведен комплекс исследований по разработке рациональной технологии переработки хвостов ЦКВЗ.

Изучение гранулометрического состава хвостов показало, что иловая фракция (–0,071 мм) более истощена по золоту и по выходу составляет в среднем 20 %. Доля цианируемого золота в этой фракции не превышает 30 %.

Чтобы оценить возможность сокращения объемов гидрометаллургической переработки, был выполнен GRC-тест. По результатам опытов при суммарном выходе концентрата центробежной концентрации 1,83 % извлечение золота в него составило 58,47 %. Содержание золота в концентрате достигло уровня 19,57 г/т при остаточном содержании в хвостах 0,26 г/т.

Испытания гравитационной технологии были продолжены в полупромышленном масштабе по двухстадийной схеме, включающей отсадочную машину на сливе шаровой мельницы и концентратор Knelson с постоянной разгрузкой (CVD) на сливе спи-

рального классификатора. Результаты испытаний (см. таблицу) показали, что даже при массовом выходе общего концентрата 47 % содержание золота в хвостах осталось на уровне 0,48 г/т. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на разработку технологии прямого цианирования бедных хвостов ЦКВЗ.

В лабораторных условиях были изучены зависимости показателя извлечения золота от крупности измельчения хвостов, концентрации цианида натрия и продолжительности выщелачивания. По результатам опытов оптимальными режимными условиями были признаны: крупность измельчения – 80 % класса –0,071 мм, концентрация NaCN – 0,5 г/л, продолжительность выщелачивания – 16 ч. В этих режимах из продукта с содержанием золота 0,7 г/т достигалось извлечение в среднем 65 %.

Методом переменных навесок сорбента были изучены изотермы сорбции золота из пульпы на смолу Д301Ж (аналог АМ-25) и активированный уголь Goldsorb 6x12. Полученные усредненные равновесные коэффициенты распределения золота между сорбентами и раствором оказались близки: $K_p = 4770$ и $K_p = 4090$ соответственно. Ожидаемая рабочая емкость насыщенных сорбентов по золоту, согласно изотермам, составила 0,4 мг/г.

Были также изучены условия сгущения пульпы при крупности измельчения до 80 % класса –0,071 мм. Лучшие результаты были получены при использовании флокулянта Praestol 2500 с удельным расходом 20 г/т. Расчетная удельная производительность для радиального сгустителя составила 3,9 т/м² в сутки.

С целью уточнения расходных показателей и определения операционного уровня извлечения на площадке ЦНИЛ были проведены заверочные пилотные испытания полной технологической схемы переработки хвостов ЦКВЗ с использованием эксклюзивной методики и аппаратуры Иригредмета.

Схема испытаний включала операции измельчения хвостов в цианистой среде, классификацию с возвратом песков в мельницу, сгущения, цианирования параллельно по CIP- и RIP-технологиям в непрерывном противоточном режиме движения пульпы и сорбента и фильтрацию хвостов цианирования с возвратом растворов в оборот. Продолжительность испытаний составила 280 ч для достижения установившегося динамического сорбционного режима. В ходе испытаний продолжали оптимизировать режимные условия, в том числе крупность измельчения была повышена до 86 % класса –0,071 мм, концентрация NaCN на операции предварительного цианирования 0,5 г/л при удельном расходе реагента 0,41 кг/т, расход CaO 3,6 кг/т, удельный поток сорбентов 1,2 кг/т, общая продолжительность цианирования 24 ч.

В результате пилотных испытаний по обоим веткам получено одинаковое извлечение золота на сорбенты – 63,9 %. Емкость насыщенного угля по золоту составила 0,49 кг/т, емкость смолы – 0,41 кг/т при среднем содержании золота в исходном сырье 0,71 г/т. Потери золота с жидкой фазой хвостов не превышали 0,02 г/м³.

Анализы насыщенных сорбентов показали, что смола в значительной мере заражена металлами-примесями, особенно цинком (8,1 г/кг) и медью (6,4 г/кг).

Результаты полупромышленных испытаний схемы гравитационного обогащения хвостов ЦКВЗ

Продукт	Выход, %	Содержание Аг, г/т	Извлечение Аг, %
Концентрат МОД	37,1	0,98	53,1
Концентрат CVD	9,9	0,68	9,8
Концентрат общий	47	0,92	62,9
Хвосты гравитации	53	0,48	37,1
Хвосты исходные	100	0,69	100

Поскольку уголь проявил по отношению к золоту значительные селективные свойства, этот сорбент был рекомендован к применению в промышленном масштабе. Кроме того, использование автоклавной схемы десорбции золота по технологии Иригредмета позволяет организовать процесс вторичного концентрирования золота из относительно бедных первичных хвостов, с получением товарной продукции в виде катодных осадков от электролиза вторичных богатых хвостов.

По результатам выполненных исследований в АО «Иригредмет» был разработан технологический регламент, который стал основой проекта строительства предприятия по переработке хвостов ЦКВЗ. Проектом предусматривается поэтапный ввод предприятия на максимальную производительность 15 млн т в год.

Принципиальная схема переработки хвостов ЦКВЗ, рекомендованная в регламенте, представлена на рис. 1.

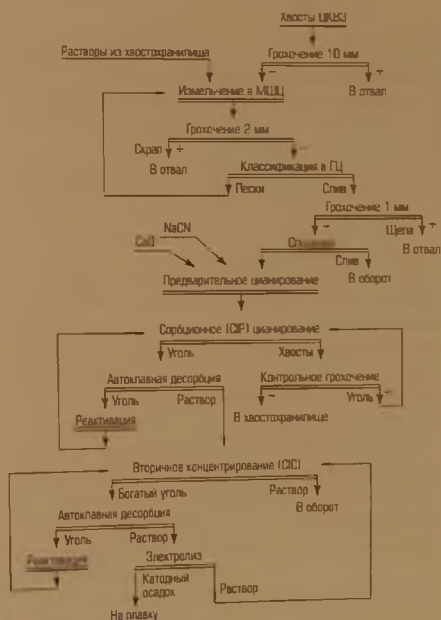


Рис. 1. Схема переработки хвостов ЦКВЗ

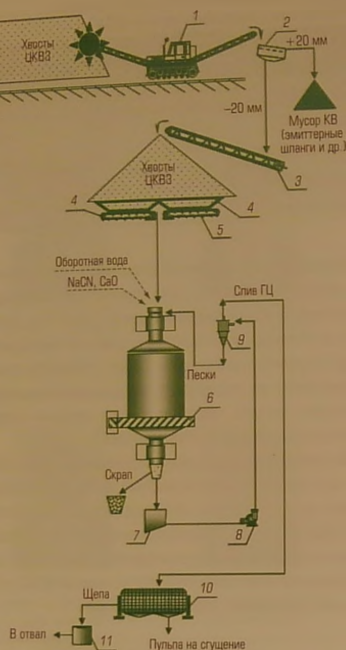


Рис. 2. Технологическая схема узла рудоподготовки ГМЗ по переработке хвостов ЦКВЗ:

1 – роторный экскаватор; 2 – вибрационный грохот;
3 – транспортер; 4 – питатель; 5 – транспортер;
6 – МШЦ-5,5х7,5; 7 – зумпф; 8 – насос; 9 – батарея ГЦ-500; 10 – барабанный грохот; 11 – контейнер для щели

Выбранная в регламенте схема рудоподготовки учитывает наличие остатка эмиттерной системы, используемой в технологии кучного выщелачивания, металлического скрапа, щели и других нерудных включений в перерабатываемых хвостах кучного выщелачивания. В схеме рудоподготовки, представленной на рис. 2, рекомендовано разборку подушки выщелачивания вести с использованием высокопроизводительного роторного экскаватора.

Выделение постороннего мусора предполагается вести на вибрационном грохоте с ячейкой сетки 10 мм. Образующийся при шаровом измельчении металлический скрап рекомендуется выводить с использованием бута, смонтированной на разгрузоч-

ной цепке мельницы. Щепоотделение организуется на сливе гидроциклонов с использованием барабанных грохотов с ячейкой сетки 0,8 мм производства НМЗ НГМК. В процессе сгущения пульпы рекомендовано использовать флокулянт марки Praestol при его удельном расходе 15–20 г/т.

Предварительное цинкование в секции предусмотрено в одну цепочку, состоящую из трех пневмомеханических агитаторов JJCB 140150 с рабочим объемом по 1500 м³ каждый. Для сорбционного выщелачивания в проекте принято использование пневмомеханических агитаторов $D \times H = 8000 \times 8500$ рабочим объемом 400 м³ с механическим приводом мешалки Kemetix и межстадийным грохотом MPS 400 (P). В секции устанавливаются три цепочки из шести агитаторов в каждой.

Низкая емкость по золоту (0,4 мг/г), выводимого из сорбционного процесса насыщенного угля, определила выбор технологии десорбции, исключаящей циркуляцию элюата через электролизер. Для использования была рекомендована высокотемпературная (165–170 °C) автоклаваемая десорбция, разработанная в АО «Иргиредмет» и широко применяемая на предприятиях России.

По этой технологии продолжительность десорбции составляет 2 ч. Получаемый относительно «бедный» по золоту элюат направляют на операцию вторичного концентрирования в отдельном цикле с получением достаточно высокоемкого по содержанию золота угля и со сниженным содержанием примесей в нем.

Десорбцию золота с «богатого» по золоту угля ведут по той же технологии с фракционированием элюата на две части. Первую фракцию «богатого» по золоту элюата направляют на электролиз, вторую фракцию «бедного» элюата возвращают на операцию вторичного концентрирования.

Для электроосаждения золота рекомендованы к применению проточные электролизеры ГНЦ-40М, разработанные Иргиредметом и также широко применяемые на российских золотодобывающих предприятиях.

Проектным решением предусмотрено складирование хвостов переработки в действующем хвостохранилище ГМЗ-2. Водоснабжение нового перерабатывающего предприятия предусмотрено оборотными растворами хвостохранилища, что позволит снизить фактические расходы реагентов и несколько повысить показатель извлечения золота за счет доизвлечения его из оборотных растворов.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного комплекса научно-исследовательских работ разработаны оптимальные режимы гидрометаллургической переработки хвостов ЦКВЗ, а также технологический регламент для проектирования предприятия, предусматривающий использование современного технологического оборудования.

Библиографический список

1. Трубецкой К. Н., Каплинов Д. Р., Рыльникова М. В. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. — М.: Горная книга, 2014. Вып. 2. С. 3–10.
2. Чантурия В. А., Ваисберг Л. А., Козлов А. П. Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья // Обогащение руд. 2014. № 2. С. 3–9. DOI: 10.17580/ot.2014.02.01
3. Ларичкин Ф. Д., Войтеховский Ю. Л., Воробьев А. Г., Гончарова П. И. Особенности обоснования параметров кондиций рентабельного извлечения ценных редкоземельных составляющих многокомпонентного минерального сырья // Горный журнал, 2016. № 1. С. 49–53. DOI: 10.17580/gzh.2016.01.10
4. Захаров Б. А., Меретуков М. А. Золото, упорные руды. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2013. — 452 с.
5. Подземное и окранный выщелачивание урана, золота и других металлов. в 2 т. / под ред. М. И. Озлулулина. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2005. Т. 1: Уран. — 407 с.
6. Филиппов А. П., Нестеров Ю. В. Редокс-процессы и интенсификация выщелачивания металлов. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2009. — 543 с.
7. Кожанов К. Ч., Битимбаев М. Ж., Джумабаев Е. И. Постановка задачи необходимости совершенствования технико-экономических показателей рудного выщелачивания золота // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 8-2. С. 131–135.
8. Акенов Е. М., Садыков Р. К., Алискеров В. А., Киперман Ю. А., Комаров М. А. Техногенные месторождения — проблемы и перспективы вовлечения в хозяйственный оборот // Разведка и охрана недр. 2010. № 2. С. 17–20.
9. Корнилов С. В., Яковлев В. Л., Савицкая С. Г., Селезнев Е. Н. Технологии формирования и обработки техногенных месторождений. Проблемы и решения // Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов (Техноген-2012):

- тр. междунар. конгресса. — Екатеринбург: ООО «УИЦП», 2012. С. 31–41.
10. Меретуков М. А., Санаткулов К. С., Зилин А. В., Арустамян М. А. Золото: химия для металлургов и обогащателей. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2014. — 412 с.
11. Шумилова Л. В. Гравитационно-электрохимический способ извлечения золота из техногенных россыпей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Спецвыпуск № 19. Комбинированные процессы переработки минерального сырья: теория и практика. С. 186–191.
12. Абдыкыров Ж. Б., Бейтмураев Н. С., Досжанов С. Б., Тонкеева М. Ш., Суюров Б. М. Исследование возможности извлечения золота из легковых хвостов золотосодержащей фабрики // Обогащение руд. 2015. № 3. С. 46–50. DOI: 10.17580/ot.2015.03.08
13. Алексеев В. С., Башкирова Т. С. Извлечение упорных форм золота из гравитационных концентратов и хвостов обогащения россыпей с применением химических реагентов // Физико-технологические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 4. С. 159–164.
14. Anderson C. G. Alkaline sulfide gold leaching kinetics // Minerals Engineering. 2016. Vol. 92. P. 248–256.
15. Yin S.-H., Wang L.-M., Chen X., Wu A.-X. Effect of ore size and heap porosity on capillary process inside leaching heap // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 2016. Vol. 26. Iss. 3. P. 835–841.
16. Zhang S., Liu W. Application of aerial image analyses for assessing particle size segregation in dump leaching // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 171. P. 99–105.
17. Brügger A., Fuflek G., Restrepo B. O. J., Reyes-Mendoza J. On the volatilisation and decomposition of cyanide contaminants from gold mining // Science of The Total Environment. 2018. Vol. 627. P. 1167–1173.
18. Arpaloglu A., Lindstrom M. The leaching behavior of materials from a pyrrhotite-rich pentlandite ore during heap leaching // Minerals Engineering. 2018. Vol. 119. P. 116–125.
19. Lu L., Dressinger D., West-Sells P. Acid curing and agglomeration for heap leaching // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 167. P. 30–35. 

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 64–68
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.09

Processing technology for heap leaching tailings at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat

Information about authors

K. S. Sanatkulov¹, Chief Executive Officer, Professor, Doctor of Engineering Sciences, info@ngmk.uz
M. M. Ismagilov¹, Deputy Chief Engineer

V. E. Dementiev¹, Chief Executive Officer, Candidate of Engineering Sciences

V. M. Mullov¹, Leading Researcher, Candidate of Engineering Sciences

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

² Irigredmet, Irkutsk, Russia

Abstract

One of the trends in efficient subsoil management is processing of low-grade gold-bearing materials (un-economic ore reserves) by heap leaching. Tailings after the process yet contain considerable metal. This situation is typical of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Republic of Uzbekistan — a leading gold and uranium producer in the country. For 20 years of operation, the gold heap leaching shopfloor has accumulated 217 Mt of tailings with the residual gold content of 0.7 g/t. In connection with the efficient supply of natural raw materials for operating Hydrometallurgical Works 2, the question of re-treatment of heap leaching tailings to reextract gold came up. In such a way, the tailings pond became a man-made deposit.

The scientific analysis of the problem and development of economically efficient processing technology for the tailings was charged to the Irigredmet Institute, Russia — an internationally recognized leader in the field of integrated mineral processing and a business partner of Navoi MMC. The Irigredmet experts together with the fellows of the Central Research Laboratory of Navoi MMC accomplished a series of lab scale and full-scale research into dressability of heap leaching tailings. As a result, the production procedures were elaborated for the construction of a dedicated plant for processing of tailings and the

related technology was proposed. The technology passed commercial trial: gold yield from the tailings reached 65%.

Keywords: heap leaching tailings, technological research, tailings processing, gold recovery, cyanidation, sorbent, production procedures, desorption.

References

1. Trubeckoy K. N., Kaplinov D. R., Rybnikova M. V. The principles of parameters justification of sustainable and ecologically balanced exploitation of solid mineral resources. Terms of stable functioning mineral feed complex of Russia. Moscow: Gornaya kniga, 2014. Iss. 2. pp. 3–10.
2. Chanturia V. A., Vaisberg L. A., Kozlov A. P. Promising trends in investigations aimed at all-round utilization of mineral raw materials. Obogatschenie Rud. 2014. No. 2. pp. 3–9. DOI: 10.17580/ot.2014.02.01
3. Landkhan F. D., Votekhovskiy Yu. L., Vorobeyev A. G., Goncharova L. L. Features of substitution of quality requirements for extraction of valuable rare earth components from multicomponent mineral raw material. Gornyi Zhurnal. 2016. No. 1. pp. 49–53. DOI: 10.17580/gzh.2016.01.10
4. Zakharov B. A., Meretukov M. A. Gold: refractory ores. Moscow: "Ore and Metals" Publishing House, 2013. 452 p.
5. Underground and heap leaching of uranium, gold and other metals. In two volumes. Ed.: M. I. Fazlulin. Moscow: Ore and Metals Publishing House, 2005. Vol. 1: Uranium. 407 p.
6. Filippov A. P., Nesterov Yu. V. Redox processes and intensification of metal leaching. Moscow: "Ore and Metals" Publishing House, 2009. 543 p.
7. Mashugulov K. Ch., Bitimbayev M. Zh., Zhumabayev E. I. Improvement of technical and economic characteristics of heap leaching of gold. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. No. 8-2. pp. 131–135.
8. Akkenov E. M., Sadikov R. K., Aliskerov V. A., Kiperman Y. A., Komarov M. A. Technogenic deposits — problems and involving prospects in economic circulation. Prospect and protection of mineral resources. 2010. No. 2. pp. 17–20.

9. Kornilov S. V., Yakovlev V. I., Sakantsev S. G., Seleznev E. N. Technologies of formation and processing of anthropogenic deposits. Problems and solutions. *Fundamental basis of technology of processing and utilization of anthropogenic wastes. proceedings of international congress. Ekaterinburg: LLC «UPTIS», 2012. pp. 31–41.*
10. Mevretskov M. A., Sanakulov K. S., Zimin A. V., Arustamyan M. A. *Gold chemistry for metallurgists and dressers. Moscow: "Ore and Metals" Publishing House, 2014. 412 p.*
11. Shumilova L. V. Gravity-electrochemical method of gold extracting from industrial placers. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten. 2015. Special Issue No. 19. Combined processes of mineral resources beneficiation: theory and practice. pp. 186–191.*
12. Abdykova G. Zh., Bekurganov H. S., Dyusenova S. B., Tarekeeva M. Sh., Sukurov B. M. A study into the feasibility of gold recovery from aged dump tailings of gold-recovery plants. *Obogashchenie Rud. 2015. No. 3. pp. 46–50. DOI: 10.17580/or.2015.03.08.*
13. Alekseev V. S., Banskikhova T. S. *Rebellious Gold Extraction from Gravity Concentrates and Placer Tailings by Chemical Reagents. Journal of Mining Science. 2017. Vol. 53, Iss. 4. pp. 756–761.*
14. Anderson C. G. Alkaline sulfide gold leaching kinetics. *Minerals Engineering. 2016. Vol. 92. pp. 248–256.*
15. Yin S.-H., Wang L.-M., Chen X., Wu A.-X. Effect of ore size and heap porosity on capillary process inside leaching heap. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 2016. Vol. 26, Iss. 3. pp. 835–841.*
16. Zhang S., Liu W. Application of aerial image analysis for assessing particle size segregation in dump leaching. *Hydrometallurgy. 2017. Vol. 171. pp. 99–105.*
17. Bruger A., Faflek G., Restrepo B. O. J., Rojas-Mendoza I. On the volatilisation and decomposition of cyanide contaminations from gold mining. *Science of The Total Environment. 2018. Vol. 627. pp. 1167–1173.*
18. Arpalatti A., Lundstrom M. The leaching behavior of minerals from a pyrrhotite-rich pentlandite ore during heap leaching. *Minerals Engineering. 2018. Vol. 119. pp. 116–125.*
19. Lu J., Dressinger D., West-Sells P. Acid curing and agglomeration for heap leaching. *Hydrometallurgy. 2017. Vol. 167. pp. 30–35.*



УДК 622.234.44-622.349.5

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ РУД ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ



К. С. САНАКУЛОВ,
генеральный директор,
проф., д-р техн. наук



М. А. КУРБАНОВ,
главный технолог
Рудоуправления № 5,
mashkhar.kurbanov@mail.ru



О. Ф. ПЕТУХОВ,
зам. начальника
ЦНИЛ по науке,
д-р техн. наук

ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

Главная тенденция в сфере недропользования состоит в стремлении извлечь из природного и техногенного сырья возможно больше полезных компонентов, что достигается путем его комплексной переработки. В этом направлении интенсивно проводятся исследования во всей мировой практике горного дела [1–10].

К числу весьма востребованных производством химических элементов относятся рений. Потребность в рении и его соединениях за последние годы имеет стабильный характер, что отражается на динамике цен на мировом рынке. Цена на металлический рений находится в пределах 1200–1900 долл. США/кг, а на перенат аммония – 620–700 долл. США/кг.

В основном это объясняется спросом на платинорениевые катализаторы, срок службы которых составляет около 5 лет. Особенно сильное влияние на уровень цен оказывает спрос на платинорениевые катализаторы с добавкой 0,2–0,6 % рения, используемые при производстве бесвинцовистого высокооктанового бензина. Кроме того, большое значение имеют колебания спроса на рений в энергетическом машиностроении и авиационной технике, где он применяется в качестве добавки в суперсплавы на основе никеля для производства лопаток турбин.

Одними из сырьевых источников рения являются месторождения урановых руд. Цель данного исследования состоит в обосновании и разработке оптимальной технологии полного извлечения рения из урановых руд Кызылкумского региона, обрабатываемых методом подземного выщелачивания (ПВ) [11–16].

Распределение рения в ураноносных месторождениях

На основании геологоразведочных работ, выполненных в 1990-х годах в Кызылкумском регионе, удалось установить, что

На комбинате проведен цикл исследований по поиску и обоснованию технологии извлечения из урановых руд Кызылкумского региона рения – весьма востребованного в промышленности химического элемента.

Ключевые слова: экстракция, резэкстракция, рений, аммиачная вода, геохимия, уран, выщелачивание, ионит, анионит, контур.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.10

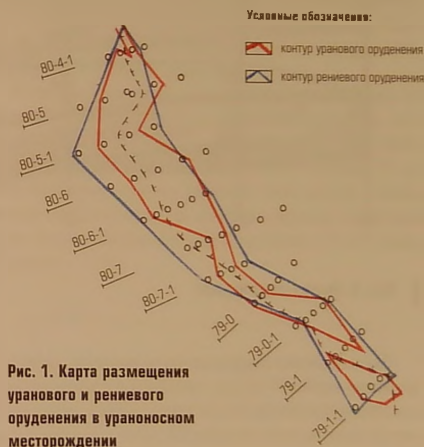


Рис. 1. Карта размещения уранового и рениевого оруденения в ураноносном месторождении

распределение рения, как и урана, подчиняется общей геохимической зональности (рис. 1).

Для каждого элемента, содержащегося в кислородных пластовых водах и способных осаждаться в результате восстановления, существует свой особый пространственно разобщенный (местами совмещенный) геохимический барьер. Кроме урана и селена, на восстановительном барьере происходит осаждение меди, цинка, свинца и других металлов. Эти представления подтвердились последующими геологоразведочными работами. Рениеворудные тела, отрисованные по борту, как это видно на разрезах исследуемой залежи (по профилю 80-5-1) и карте рудоносности, практически повторяют контуры уранового оруденения (рис. 2 и 3).

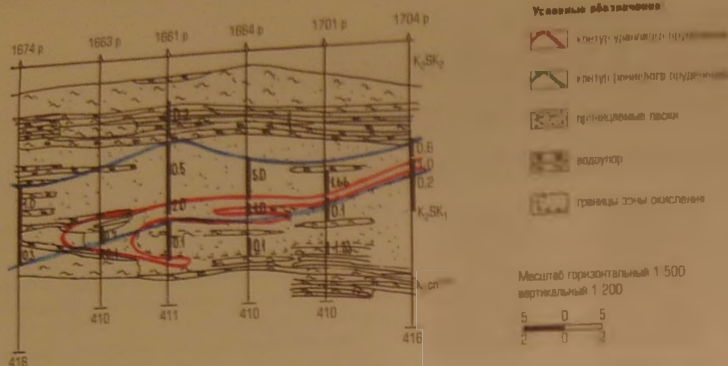


Рис. 2. Разрез зоны Коньяк-Сантон

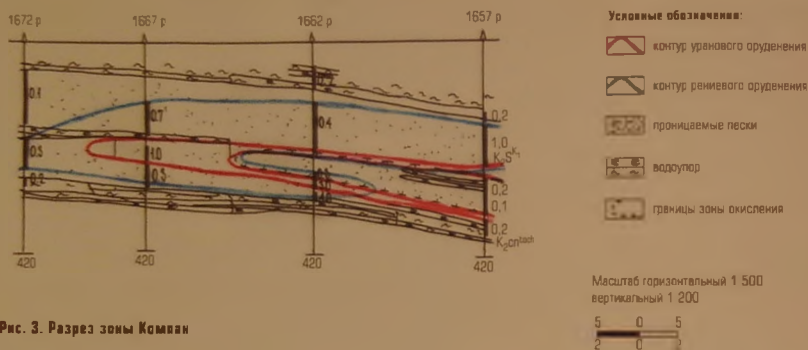


Рис. 3. Разрез зоны Компан

Однако ренийевое оруденение как по вертикали, так и по горизонтали несколько дальше смещается в сторону сероцветных неизменных пород. Это, на взгляд авторов статьи, объясняется более высокой способностью рения к окислению и ми-

грации, чем урана. Наиболее далеко за головную часть ролла (иногда до 100–200 м) ренийевое оруденение распространяется на ряде месторождений Кызылкумов. Но самые высокие содержания рения обычно приурочены к урановорудным телам. Распределение рения по геологическим зонам показано в табл. 1.

Таблица 1. Содержание рения по геологическим зонам, г/т

Геологическая зона	Урановая руда	Ареал рассеяния урана	Зона окисления	Неизменные породы
Коньяк-Сантон	0,26	0,23	0,16	0,16
Компан	0,35	0,26	0,18	0,16

Таблица 2. Распределение содержаний рения в продуктивном горизонте месторождений, %

Геологическая зона	$C_{\text{рн}}$, г/т	Классы содержаний, г/т		
		0,1–0,2	0,2–0,3	0,5–0,6
Палеоген	0,148	77	14	—
Коньяк-Сантон	0,177	38	14	—
Компан	0,555	27	18	10

Распределение содержаний рения в целом по рудоносному горизонту приведено в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, наблюдается тенденция роста средних содержаний рения с северной части Центральных Кызылкумов (0,148–0,26 г/т) на юг (0,55–0,77 г/т). Такая закономерность в настоящее время не нашла объяснений и требует более детального ее изучения. Можно только предполагать, что это связано с некоторым увеличением содержаний органического углерода и сульфидов в рудоносных горизонтах в направлении с севера на юг.

Крупные урановые месторождения Сырдарьинской депрессии (Казахстан) характеризуются минимальной ренийностью по сравнению с другими провинциями. Среднее содержание рения в рудах этих месторождений 0,1 г/т (в единичных случаях 1–2 г/т).

Рудничные породы при этом испытывают выветривание, что является естественным процессом в природе [17].

Таким образом, падение pH и увеличение концентрации рения не могут служить критериями ответа на вопрос, насколько эффективно извлечение рения происходит при выщелачивании. В зависимости от содержания рения в исходном материале и его содержания в растворе, процесс извлечения рения на 2–3 порядка выше, чем содержание рения в исходном материале (0,1–1 г/т), и поэтому извлечение рения при ГВ разбавленных растворов в комплексе с ураном и другими сопутствующими ионами, компонентами, т. е. самостоятельного значения, не имеет.

Исследования процессов извлечения рения

До настоящего времени не были обнаружены минералы-концентраты рения в силу их крайне высокой дисперсности. По аналогии с медно-сульфидными месторождениями в пещерах (Казахстан), где определены минеральные формы марганца рения, можно предположить, что он находится в сульфидной форме или низших оксидов.

Лабораторные исследования проводили на кверном материале согласно общепринятой методике фильтрационного выщелачивания.

При взаимодействии раствора серной кислоты (10 г/л) с рудным материалом, наиболее благоприятным с позиций выщелачивания, концентрация рения во всем диапазоне отношений Ж/Т практически не изменяется и составляет в среднем 0,3–0,4 мг/л (рис. 4). Повышение исходной концентрации серной кислоты до 20 г/л приводит к появлению пикового содержания рения в продуктивном растворе (рис. 5). Сущность явления, происходящего при этом, нельзя объяснить однозначно. По-видимому, решающая роль принадлежит воздействию окислителя, которым в данном случае являются ионы Fe^{3+} , генерируемые в процессе закисления. Кроме того, не исключен захват микроколичеств рения свежеосажденным гидроксидом железа, обладающим, как известно, высокой сорбционной способностью по отношению к амфотерным элементам. Подтверждением вышеизложенного является соответствие пика концентрации рения тому интервалу отношений Ж/Т, в котором происходит резкое снижение pH и повышение окислительно-восстановительного потенциала продуктивного раствора (см. рис. 5).

Известно, что использование окислителя (трехвалентного железа) также приводит к концентрированию рения в процессе выщелачивания и одновременно более раннему появлению максимальных концентраций в растворе. При этом общее извлечение рения увеличивается на 8–10 %.

В одном из опытов в раствор выщелачивающего реагента вводили перекись водорода для имитации сернокислотного выщелачивания с использованием кислорода в качестве окислителя. Несмотря на высокую окислительную емкость рудного материала, и в данном опыте кривая имеет пиковый характер, что, несомненно, связано с окислением рения в процессе выщелачивания.

Аналогичный механизм выщелачивания рения растворами серной кислоты насыщенным кислородом (концентрация кислоты

2,8 г/л, кислорода 0,122 г/л) наблюдалась при проведении полевых опытных работ на опытном блоке. Установленная закономерность поведения рения при сернокислотном выщелачивании урана доказывает технологический прием, который позволяет повысить степень извлечения рения из продуктивных растворов, а в конечном итоге – из недра.

Известно, что среднее содержание рения в продуктивных растворах большинства месторождений, отработываемых методами ГВ, составляет, как правило, от 0,2 до 0,4 мг/л. По некоторым данным, экономически целесообразна сорбционная переработка растворов, содержащих от 0,8 мг/л и выше рения, с 50%-ным извлечением его в готовую продукцию. Естественно, при повышении концентрации рения в продуктивных растворах, направленных на сорбцию, выход его в готовую продукцию увеличивается, и тем самым уменьшается его потеря за счет разбавления.

Для исследования процесса сорбционного извлечения рения из сернокислотных технологических растворов ГВ ионитом РА гелевой структуры были проведены испытания технологической схемы, включающей селективную сорбцию рения из растворов ГВ и последующую десорбцию рения разбавленным раствором: NH_4OH 15–7 % при температуре 40–50 °С, pH 7–9, NH_4NO_3 12% + HNO_3 2% + HCl 40%.

В процессе исследования были сняты следующие данные: pH (рН = 1,8), исходная концентрация содержания компонентов: $Re = 0,42$, $U = 0,9$, $Co = 300$, $Mg = 950$, $Fe_{\text{св}} = 597$, $SO_4^{2-} = 595$.

Насыщенный ионит ионитом сорбционной емкости 18 см путем пропускания раствора через колонну с ионитом в вертикальном слое ионита РА до полного прекращения выделения рения. Емкость насыщения ионита составила 4,2 мг/г сухого извлечения – 1,7 %.

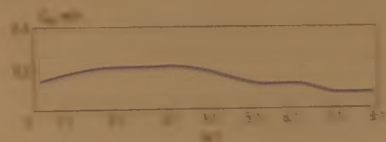


Рис. 4. Выщелачивание рения при кислотности 10 г/л

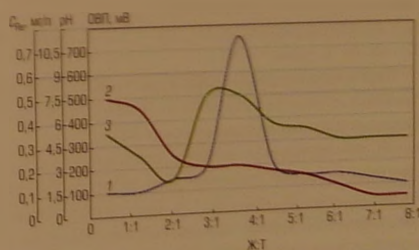


Рис. 5. Выщелачивание рения при кислотности 20 г/л: 1 – C_{Re} ; 2 – pH; 3 – ОВП

Таблица 3. Результаты исследования десорбции насыщенного ионита РА

Десорбирующий раствор	Содержание Re в насыщенном ионите, мг/г	Содержание Re в товарном регенерате, мг/л	Извлечение, %
NH_4OH (5–7 %)	4,1	45	10,6
NH_4CNS (0,2N)	4,1	132	29,8
NH_4NO_3 (2N) + HNO_3 (2N)	4,1	520	54,5
HNO_3 (4N)	4,1	570	58,1

Таблица 4. Зависимость насыщения экстрагента рением из товарного регенерата от соотношения фаз В:О

Соотношение фаз В:О	Насыщение экстрагента рением, мг/л	Извлечение, %
7:1	3850	96,5
10:1	5625	98,7
12:1	6820	99,7
15:1	6730	78,7
18:1	6890	67,2

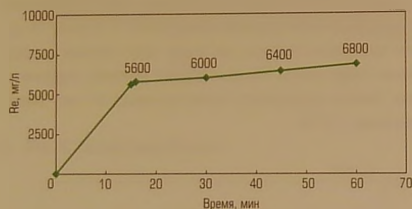


Рис. 6. Зависимость насыщения органики рением от времени контакта фаз

Десорбцию рения с насыщенной смолы проводили в статическом режиме при следующих параметрах: соотношение смолы к десорбирующему раствору ($V_{\text{см}}:V_p$) = 1:(2÷4); температура $T = 40\text{--}45^\circ\text{C}$; время $t = 10$ ч.

Судя по представленным в табл. 3 усредненным данным, разбавленные нагретые растворы аммиака обладают низким десорбирующим свойством по рению из ионита РА.

Из всех опробованных исходных десорбирующих растворов относительно высокое извлечение рения достигнуто раствором азотной кислоты HNO_3 (4N) – 58,1 %. Таким образом, использование ионита РА гелевой структуры позволяет обеспечить селективное извлечение рения не только на стадии сорбции, но и на операции десорбции. Для определения ресурсных возможностей ионита РА были проведены дальнейшие исследования. При

повторном насыщении той же партии ионита рением в маточных растворах ПВ в течение двух месяцев получены величины емкости по рению в пределах 3,4–3,7 мг/г.

Насыщенный ионит РА подвергали обработке раствором азотной кислоты HNO_3 (4N). Получены товарные регенераты со средним содержанием рения 550 мг/л. Таким образом, за три цикла сорбции-десорбции активность ионита РА по отношению к рению не изменилась. Регенерированный ионит вновь насыщается рением в маточных растворах ПВ. В мировой практике определено, что наиболее селективным для рения экстрагентом при извлечении из кислых растворов является триалкиламин. Несомненным преимуществом этого экстрагента является легкость рекстракции рения водным аммиаком. Именно поэтому авторами статьи была проверена возможность использования ранее испытанной смеси ТАА, ТБФ и керосина для целей экстракционного концентрирования рения из товарных регенератов, полученных при сорбции рения с ионита РА.

Для этого на растворах товарного регенерата была изучена зависимость насыщения экстрагента рением от соотношения водной и органической фаз (В:О). Ренийсодержащие регенераты в течение 60 мин при активном перемешивании подвергали контакту с подкисленным до $\text{pH} = 2$ раствором экстрагента (состав: 10 % ТАА, 10 % ТБФ и 80 % керосина). Соотношение объемов В:О было различным. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что оптимальным соотношением фаз В:О при экстракции рения из товарного регенерата является 12:1.

Изучение кинетики экстракции рения из товарного регенерата показало, что максимальное насыщение экстрагента рением происходит в первые минуты контакта органической и водной фаз (рис. 6).

Исследование процесса твердофазной рекстракции рения с насыщенной органики проводили по уже известной схеме: добавлением 25%-ной аммиачной воды с интенсивным перемешиванием и последующей фильтрацией образованного ренийсодержащего осадка.

Судя по приведенным данным, применение комбинированной схемы – сорбционное извлечение рения ионитом РА из маточных растворов ПВ, последующая десорбция насыщенного ионита азотнокислым раствором, жидкофазная экстракция рения из товарного регенерата и твердофазная рекстракция аммиачной водой – обеспечивает эффективное концентрирование металла в 16200 раз.

Заключение

На Навоийском горно-металлургическом комбинате проведен цикл исследований по поиску технологии извлечения из добываемых урановых руд рения – весьма востребованного в промышленности химического элемента. В результате лабораторных и натурных опытов наибольшую эффективность показала комбинированная технологическая схема, позволившая увеличить концентрацию рения в товарном продукте до 6800 мг/л с извлечением до 99,7 %.

Библиографический список

1. Каплунов Д. Р., Рыльников М. В., Радченко Д. Н. Научно-методические основы проектирования экологически сбалансированного цикла комплексного освоения и сохранения недр Земли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Спец. выпуск № 15. Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Вып. 3. С. 5–11.
2. Чантурия В. А., Вайсберг Л. А., Козлов А. П. Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья // Обогащение руд. 2014. № 2. С. 3–9. DOI: 10.17580/or.2014.02.01
3. Чантурия В. А., Козлов А. П. Развитие физико-химических основ и разработка инновационных технологий глубокой переработки техногенного минерального сырья // Горный журнал. 2014. № 7. С. 79–84.
4. Гурин К. К., Башлыкова Т. В., Аноньев П. П., Бобров И. Р., Горбунов Е. П. Извлечение золота из хвостов золотозавлекающей фабрики от переработки упорных руд смешанного типа // Цветные металлы. 2013. № 5. С. 41–45.
5. Шумилова Л. Научное обоснование инновационной технологии извлечения золота: разработка, апробация в условиях Забайкалья. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 372 с.
6. Neizvestnykh N. N., Bogdanov A. V., Myachin A. V., Fedotov K. V. Joint Processing of ore from several gold-silver deposits at one gold-processing factory // Life Science Journal. 2014. Vol. 11. Special Issue No. 9. P. 277–280.
7. Solodov I. N. ISR Mining of Uranium in the Permafrost Zone, Khigadi Mine (Russian Federation) // Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014). – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014. P. 78.
8. Yurtsev A., Golovko V. Prospects of block underground leaching application on Strel'tsovskoe field deposits // Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014). – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014. P. 172.

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 69–74
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.10

Investigation and development of hybrid extraction of rhenium during in-situ ore leaching

Information about authors

M. S. Sanakulov¹, Chief Executive Officer, Professor, Doctor of Engineering Sciences
K. A. Nurbatov², Chief Production Engineer of Mine Management S, mashkur.nurbatov@mail.ru
O. F. Petukhov³, Deputy Head of Science at the Central Research Laboratory, Doctor of Engineering Sciences

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The primary target of subsoil management is to extract maximum possible useful component from natural materials and mining waste, which is achieved through integrated processing. The research in the indicated direction is extensively carried out in the international practice of mining. The most industrially wanted chemical elements include rhenium. One of the sources of rhenium is the uranium deposits in the Republic of Uzbekistan. This study is aimed to substantiate and develop an optimal technology for rhenium by-recovery from Kyzylkum uranium produced by the method of in-situ leaching. The Navoi Mining and Metallurgical Combinat has carried out an investigation cycle to develop an efficient technology for rhenium recovery from uranium. As a result of laboratory and full-scale testing, the highest efficiency has been reached with the hybrid process flowsheet including adsorption of rhenium from ISL mother solution by ion exchanger RA, subsequent desorption of pregnant ion exchanger by nitric acid solution; liquid extraction of rhenium from the marketable reagent and solid-phase re-extraction by ammonia water. This process flowsheet enables an increase in the concentration of rhenium in the marketable product up to 6800 mg/l at the recovery up to 99.7%.

9. Willis B. A., Finch J. Willis Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. 8th ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015. – 512 p.
10. Suhaimi R., Mallick A. K., Vasumathi N., Kumar T. V. V., Rao S. S. et al. Evaluation of Flotation Collectors in Developing Zero Waste Technology for Processing Iron Ore Tailings // International Journal of Engineering Research. 2015. Vol. 4. Iss. 11. P. 604–608.
11. Мещеряков Н. М. Разработка и эксплуатация экстракционного процесса извлечения рения из урановых руд Новокиевского ГМК // Рения, молибден, вольфрам – перспективы производства и промышленного применения: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. – М., 1998. С. 14.
12. Халимгооров А. Г., Пашинов Г. Л., Кананова О. М., Халикина О. П. Сорбционное извлечение рения из минерального и техногенного сырья // Химия в интересах устойчивого развития. 1998. № 6. С. 397–408.
13. Чекаларов А. М., Трошин М. Д., Нестеров Ю. В., Майдубора А. Б., Уланова О. Н., Смирнов Н. С. Полупитие извлечение рения при комплексной переработке продуктивных растворов подземного выщелачивания урана // Химия в интересах устойчивого развития. 2004. № 1. С. 115–119.
14. Кулутин Ю. В., Назаровцев А. А., Фомин А. Е., Васюков О. Н., Алтушин О. В. Оценка возможности разработки комплексного уран-молибден-ренийского месторождения способом подземного выщелачивания // Горный журнал. 2007. № 6. С. 47–51.
15. Сергеев С. В., Хасипов Н. Д., Петров О. Ф. Определение возможностей полупития извлечения рения из продуктов подземного выщелачивания // Горные вестники Узбекистана. 2010. № 4(43). С. 35–40.
16. Алибеков З. С., Загородняя А. Н., Тимуров В. Н., Мухоморова Л. А., Боченская Е. Г. Интенсификация десорбции рения с анионита АМТ, насыщенного из промышленного ураноэкстракционного раствора подземного выщелачивания полиакрилатных руд // Цветные металлы. 2012. № 10. С. 78–83.
17. Загородняя А. Н., Алибеков З. С., Гадиямова С. З., Шарипова А. С., Боченская Е. Г. Растворы подземного выщелачивания ураноэкстракционных руд – потенциальный источник увеличения производства перената аммония в Казахстане // Цветные металлы. 2012. № 2. С. 53–60.

Keywords: extraction, re-extraction, rhenium, ammonia water, geochemistry, uranium, leaching, ion exchanger, anion exchanger, cement

References

1. Kaplunov D. R., Rylnikov M. V., Radchenko D. N. Scientific-methodical basis of design of ecologically balanced cycle of complex mastering and saving of Earth soils. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Special Issue No. 15. Conditions of Sustainable Development in the Mineral Mining Industry of Russia. Iss. 3. pp. 5–11.
2. Chanturiya V. A., Vaisberg L. A., Kozlov A. P. Promising trends in investigations aimed at all-round utilization of mineral raw materials. Обогащение руд. 2014. № 2. pp. 3–9. DOI: 10.17580/or.2014.02.01
3. Chanturiya V. A., Kozlov A. P. Development of physical-chemical basis and working out of innovation technologies of deep processing of anthropogenic mineral raw materials. Горный журнал. 2014. № 7. pp. 79–84.
4. Gurin K. K., Bashlykova T. V., Ananiev P. P., Bobrov I. R., Gorbunov E. P. Extraction of gold from the gold-extraction plant tailings, formed as a result of processing of mixed refractory ores. Tsvetnye Metally. 2013. No. 5. pp. 41–45.
5. Shumilova L. V. Scientific substantiation of the innovative technology of gold leaching (working, testing in conditions of Transbaikalia). Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. 372 p.
6. Neizvestnykh N. N., Bogdanov A. V., Myachin A. V., Fedotov K. V. Joint Processing of ore from several gold-silver deposits at one gold-processing factory. Life Science Journal. 2014. Vol. 11. Special Issue No. 9. P. 277–280.
7. Solodov I. N. ISR Mining of Uranium in the Permafrost Zone, Khigadi Mine [Russian Federation]. Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014). Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014. P. 78.
8. Yurtsev A., Golovko V. Prospects of block underground leaching application on Strel'tsovskoe field deposits. Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear

- Post-Open Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014). Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014. p. 777.
9. Wills B. A., Leach I. Wills Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery 3rd edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005. 512 p.
10. Sahasani R., Malik A. K., Yousafzai M., Niaz T. V. V., Rao S. S. et al. Evaluation of Flotation Techniques in Developing Zinc Matrix Technology for Processing Low Ore Tailings. International Journal of Engineering Research 2015. Vol. 4, No. 11. pp. 464–488.
11. Mordukhaiyev N. K. Development and exploitation of enrichment process of rhenium extraction from uranium ores of Navoi MMC. Rhenium, molybdenum, tungsten as the prospects of production and industrial application: theses of report of International scientific-technical conference. Moscow, 1998. p. 14.
12. Kholmogorov A. G., Pashkov G. L., Kononova O. N., Kalyakina O. P. Adsorption of rhenium from minerals and mining waste. Chemistry for Sustainable Development. 1998. No. 6. pp. 397–406.
13. Chekmanov A. M., Tushkina I. D., Hesterov Yu. V., Malboroda A. B., Ushanova O. N., Smmov N. S.

- Associated Rhenium Extraction in Complex Processing of Productive Solutions of Underground Uranium Leaching. Chemistry for Sustainable Development. 2004. No. 1. pp. 113–117.
14. Baitina Yu. M., Novgorodtsev A. A., Fomenko A. E., Vasyuta O. N., Altunin O. V. Estimation of possibility of development of complex uranium-molybdenum-rhenium deposit via underground leaching. Gornyi Zhurnal. 2007. No. 6. pp. 47–51.
15. Skripko S. V., Khesilov N. D., Petukhov O. F. Determination of the possibility of accompanying extraction of rhenium from the productive solution of underground leaching. Gornyi vestnik Uzbekistana. 2010. No. 4(43). pp. 35–40.
16. Absheva Z. S., Zagorodnyaya A. N., Timofeev V. N., Mylykbaeva L. A., Bochevskaya E. G. Intensification of rhenium desorption from anionite AMP saturated by industrial solution, resulted in underground leaching of uranium-containing polyelement ores. Izvestiya Metall. 2012. No. 10. pp. 78–83.
17. Zagorodnyaya A. N., Absheva Z. S., Sadykanova S. E., Sharipova A. S., Bochevskaya E. G. Solutions of underground leaching of uranium-containing ores – a potential source for increasing of ammonium perchlorate production in Kazakhstan. Izvestiya Metall. 2012. No. 2. pp. 53–60.

УДК 622.234.42:[546.719+546.791]

РОЛЬ И ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА, НА ПОПУТНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕНИЯ



О. П. ВАСИЛЕНКО,
начальник ЦНИЛП,
vasilyonok@ngmk.uz



Б. Т. РУЗИЕВ,
начальник лаборатории



И. А. ИВАНОВА,
ведущий инженер-технолог

Геотехнологическая лаборатория по урану

ЦНИЛП, ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»,
Навои, Узбекистан

Изложены результаты исследований по вопросам попутного извлечения рения при подземном выщелачивании урана. Проведено сравнение скоростей выщелачивания урана и рения с применением и без применения окислителей, построены графики фильтрационного выщелачивания.

Ключевые слова: геохимия рения, миграционная способность, окислительная среда, особенности локализации, геотехнологический режим, выщелачивание, окислитель, скорость выщелачивания.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.11

Введение

В рамках установки на рациональное использование минеральных ресурсов недр важным направлением является извлечение всех имеющихся полезных компонентов из комплексных руд [1]. При подземном выщелачивании (ПВ) урана в качестве попутного компонента выступает рений. Вопросы извлечения рения из продуктивных растворов и его дальнейшего производства рассмотрены в ряде работ [2–14].

В Центрально-Кызылкумской провинции уран извлекают из руд месторождений Северный Букинай, Южный Букинай, Бешкак, Кетмончи, Сургалы, Северный Каннимех, Сабарсай. Среднее содержание рения в урановых рудах составляет обычно 0,5–2 (иногда до 15) г/т.

Геохимия рения во многом определяется высокой миграционной способностью Re^{7+} в окислительной среде и малой миграционной способностью Re^{4+} в восстановительной: его содержание возрастает в зоне восстановления, достигая 1,4–2,4 г/т, и уменьшается до 0,004 г/т в зоне окисления, а в безрудных породах – до 0,005 г/т. Таким образом, резкая смена окислительно-восстановительных условий, ответственных за формирование эпигенетических урановых руд, может служить причиной концентрирования рения в рудах.

На примере рений-селен-ванадий-скандий-уранового месторождения Северный Каннимех (Центрально-Кызылкумская провинция) установлено, что рениевое орудинение перекрывает урано-

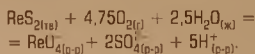
вое. Мощности интервалов рениевых и урановых руд имеют один порядок – десятки сантиметров и первые метры. Около 70 % запасов рения находится в пределах контуров урановых залежей, из них непосредственно в урановых рудах концентрируется 50 %, остальные 50 % – в кровле и подошве уранового блока.

Учитывая эти особенности локализации, внешнюю границу оконтуривания месторождения считают не по урановому, а по рениевому оруденению. Содержание рения в пробах пласта мощностью 20–50 см варьирует в пределах от 0,5 до 3,5 кг/т и не зависит от мощности.

Изучение влияния окислителей на извлечение рения из руд

Оценку условий попутного подземного выщелачивания рения можно провести по результатам термодинамических расчетов полей преобладания его соединений в жидкой и твердой фазах. В соответствии с этой оценкой выбирают геотехнологический режим выщелачивания. Учтены пять типов геотехнологических обстановок: сернокислотная с окислителем ($\alpha_{\text{сульфат-ионов}} = 10^{-1}$ моль/л; pH 1–3,5; Eh = 0,5–0,8 В); сернокислотная без окислителя ($\alpha_{\text{сульфат-ионов}} = 10^{-1}$ моль/л; pH 1–3,5; Eh = 0,25–0,45 В); щелочная карбонатная с окислителем ($\alpha_{\text{углекислоты}} = 10^{-1,5}$ моль/л; pH 7–9; Eh = 0,05–0,2 В и более); щелочная карбонатная без окислителя ($\alpha_{\text{углекислоты}} = 10^{-1,5}$ моль/л; pH 8–10; Eh = 0,1 В и более); щелочная сульфидная ($\alpha_{\text{сульфид-ионов}} = 0,2$ моль/л; pH 12–13; Eh = (–0,6)–(–0,7) В). Расчеты выполнены без учета ионной силы растворов. При совпадении параметров полей жидких фаз соединений и геотехнологических обстановок соответствующие режимы благоприятны для выщелачивания, в случае твердых фаз – наоборот.

Взаимодействие выщелачивающих растворов с дисульфидом рения (наиболее вероятным соединением рения в урановых рудах) происходит по реакции



На термодинамические характеристики этой реакции не влияет характер среды (окислительная или восстановительная). Для ее реализации необходимо присутствие кислорода или других окислителей.

Особая роль окислителя для перевода рения из твердой фазы в жидкую, независимо от величины pH, подтверждена при изучении выщелачивания урана и рения из руд месторождений Притяньшанской мегапровинции – Северный Канимех, Мейлсай, Аланды и др. В качестве выщелачивающих реагентов использовались растворы серной кислоты (5–20 г/л) без окислителя и с окислителем (гипохлоритом – 0,2 г/л по активному хлору); растворы бикарбоната аммония (1–10 г/л) без окислителя и с окислителем (с пероксидом водорода); растворы карбоната калия (1–2 г/л) без окислителя и с окислителем (газобразным хлором); пластовая вода без окислителя и с окислителем (пероксидом водорода). Содержание рения в рудах составляло 0,3–3,5 г/т.

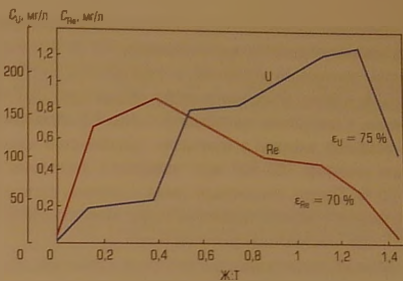


Рис. 1. График фильтрационного выщелачивания урана и рения бикарбонатными растворами (концентрация бикарбоната аммония 2 г/л с окислителем H_2O_2 600 мг/л, исходное содержание урана 0,5 %):

$\epsilon_U, \epsilon_{\text{Re}}$ – извлечение урана и рения в раствор, %;
 C_U и C_{Re} – концентрация урана и рения соответственно, мг/л

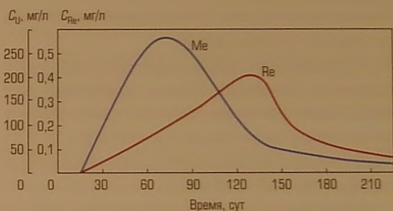


Рис. 2. График подземного выщелачивания металла и рения из руды традиционным сернокислотным способом без применения окислителей

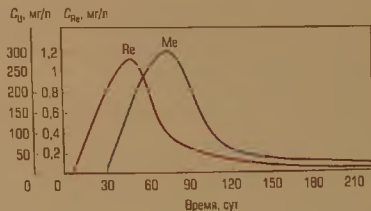


Рис. 3. График подземного выщелачивания металла и рения из руды сернокислотным способом с применением в качестве окислителя гипохлорита

При использовании реагентов и пластовой воды без окислителя извлечение рения из руд не превышало 20–30 %, а в присутствии окислителей, независимо от типа реагента, составляло 50–60 % и более. Отношение жидкой к твердой фазе (Ж:Т) изменялось в присутствии окислителя от 1,4 до 2,5. Использование перекиси водорода в количестве, эквивалентном концентрации кислорода 100–500 мг/л, приводило к извлечению до 70–95 %. Средняя концентрация рения в откатных растворах, зависящая от исходного содержания в руде, колебалась от 0,18 до 2,5 мг/л, максимальная достигала 6 мг/л.

Сравнение графиков выщелачивания рения и урана (рис. 1) при применении в качестве окислителя перекиси водорода показало, что рений начинает извлекаться из руд раньше урана. Извлечение рения из руд в раствор при Ж:Т = (1,2÷1,4):1 составило 75 %.

При выщелачивании растворами серной кислоты (10–30 г/л) без применения окислителей концентрация в откатных растворах рения составила 0,1–0,35 мг/л, извлечение – 50 % (рис. 2).

При серноокислотном выщелачивании рений начинает активно переходить в раствор, как только окислитель (в том числе и атмосферный кислород, вносимый с реагентом) получит доступ к руде.

В присутствии окислителя гипохлорита содержание рения увеличивается до 1–1,2 мг/л. При этом рений начинает выщелачиваться раньше, чем уран (рис. 3).

На многоскважинном участке подземного выщелачивания с использованием бикарбоната аммония концентрация рения в 0,1–0,2 мг/л была установлена сразу после начала подачи технического кислорода, через полгода она повысилась до 0,3 мг/л, еще через полгода – до 0,4–0,5 мг/л, после чего пошло снижение содержания до 0,25–0,15 мг/л.

В наблюдательных скважинах, расположенных между закачными и откатными рядами технологических скважин, концентрация рения составила 0,4–0,7 мг/л. После сорбционного извлече-

ния урана 30–40 % рения возвращались обратно в недра с оборотными растворами.

При подземном выщелачивании без специальной подачи окислителя (положительную роль играла пассивация оборудования азотной кислотой и участие кислорода воздуха) концентрация рения через 10 мес составила 0,1–0,15 мг/л. Извлечено 20 % рения при отношении Ж:Т = 1:1,05.

Комплексная переработка растворов подземного выщелачивания может повысить рентабельность разработки месторождений бедных руд, поскольку основные и эксплуатационные затраты при подземном выщелачивании относятся на себестоимость главного добываемого компонента – урана. Затраты напутное извлечение рения и других сопутствующих металлов будут складываться из эксплуатационных и капитальных затрат на их переработку, что составит примерно 10–15 % себестоимости конечного продукта.

Ориентировочный технико-экономический расчет процесса комплексной переработки продуктивных растворов подземного выщелачивания позволяет сделать вывод, что рентабельность извлечения рения остается высокой даже при его низких концентрациях (0,2 мг/л).

Таким образом, при выщелачивании рения из руд пластово-инфильтрационных месторождений в присутствии окислителя установлены устойчивые концентрации рения в продуктивных растворах, составляющие 0,1–0,3 мг/л. Применение окислителей при подземном выщелачивании урана позволяет увеличить извлечение рения из руд в 2–2,5 раза и сократить продолжительность извлечения рения.

Заключение

Экспериментально подтверждена возможность и эффективностьпутного извлечения рения при подземном выщелачивании урана на Навоийском горно-металлургическом комбинате.

Библиографический список

- Кушанова Л. Б., Шумский В. А., Броило О. Ю. Возможность извлечения полутухлых компонентов при переработке руд цветных металлов // Цветные металлы. 2016. № 9. С. 28–34. DOI: 10.17580/ism.2016.09.03
- Киньков П. С., Корочин Б. Г., Фадеев П. И., Кисляков И. П. Химия и технология рудных и рассеянных металлов: в 3-х 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1978. Ч. 1. – 520 с.
- Палаит А. А., Трошкина И. Д., Чемерев А. М. Металлургия рения. – М.: Наука, 2007. – 208 с.
- Nguy Shwan O., Трошкина И. Д., Аюе Мил, Шилане А. Р. Извлечение рения и вандалия из минерализованных растворов вольфрамата минералами // Известия вузов. Цветная металлургия. 2014. № 2. С. 42–47.
- Загородная А. Н., Абашева З. С., Садыканова С. Э., Шарипова А. С. Сорбция рения и урана из растворов при совместном присутствии слабоокисным анионами А700 // Цветные металлы. 2014. № 5. С. 53–60.
- Палаит А. А., Трошкина И. Д., Чемерев А. М., Костылев А. И. Технология рения. – М.: ООО «Галлея-Принт», 2015. – 329 с.
- Трошкина И. В., Деев М. И., Аликина Е. Н., Аминджанов А. А. Химия, методы определения и концентрирования рения (VII) // Вестник Пермского университета. Сер.: Химия. 2015. № 1. С. 66–80.
- Петров Г. В., Бодуэн А. Я., Исаев Б. С., Серебряков М. А. Исследование аммиачного автоклавного выщелачивания некондиционного медного концентрата, содержащего селен и рений // Цветные металлы. 2016. № 10. С. 23–28. DOI: 10.17580/ism.2016.10.03
- Трошкина И. Д., Веселова О. А., Ваура Ф. Я., Затарян С. В., Серикбай А. У. Сорбция рения из сернокислых растворов импрегнированными триалкилами // Известия вузов. Цветная металлургия. 2017. № 5. С. 42–49.
- Линзов Е. Н., Вайсман А. Д. Разработка технологии организации и проведения ирригационно-лабораторных испытаний технологии путного извлечения рения из урансодержащих растворов // Научное знание современности. 2018. № 1. С. 23–24.

11. Wanees S. A., Daher A. M., Haroun Y. S. A., Gouda M. M., Abdulla A. M., Ali A. H. Leaching, purification and extraction of uranium from salcrete deposits – Egypt // *Chemical Technology: An Indian Journal*. 2013. Vol. 8. Iss. 2. P. 46–56.
12. Zakrzewska-Koluniewicz G., Hertzik-Konieczko I., Gajcaru C., Chajduk E. Experimental design and optimization of leaching process for recovery of valuable chemical elements (U, La, V, Mo, Yb and Th) from low-grade uranium ore // *Journal of Hazardous Materials*. 2014. Vol. 275. P. 136–145.

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 74–77
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.11

Role and effect of in-situ leach uranium oxidizers in by-recovery of rhenium

Information about authors

O. P. Vasiljenok¹, Head of the Central Research Laboratory, vasilyonok@ngmk.uz
B. T. Ruziev¹, Head of Uranium Geotechnology Facility of the Central Research Laboratory
I. A. Ivanova¹, Leading Production Engineer of the Uranium Geotechnology Facility of the Central Research Laboratory

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

This study is devoted to the effect of an oxidizer used in in-situ leaching of uranium on the behavior of an associated useful component – rhenium. The relevance of the study consists in the systematization of influence exerted by various oxidizing agents involved in in-situ leaching of uranium on the rate of rhenium transition to pregnant solution. As a result, it is possible to outline conditions for commercial recovery of rhenium. This work is important as it expands the research with a view to by-recovering scandium, vanadium and other valuable components from complex ore. The authors show that the most significant part in transition of rhenium to leach solution belongs to an oxidizer and its nature. This fact is confirmed by the studies of uranium and rhenium leaching at some deposits in the Tian Shan megaprovince. It is emphasized that without an oxidizer in a sulfuric medium, rhenium transition to pregnant solution is processed by sorption is under 20–30% while with an oxidizer, rhenium transition exceeds 50–60%. The nature of an oxidizing agent is very important. The most active agents commercially applicable are identified as hydrogen peroxide and sodium hypochlorite.

Keywords: rhenium geochemistry, migration ability, oxidizing medium, localization features, geotechnological mode, leaching, oxidizer, leaching rate

References

1. Kuzhakova I. B., Shumskiy V. A., Brailko O. Yu. Possibility of extraction of secondary constituents during non-ferrous metal ore processing. *Tsvetnye Metally*. 2016. No. 9. pp. 28–34. DOI: 10.17580/tsm.2016.09.03

13. Renard S., Sterpenich J., Pironon J., Chuquet P., Randi A. Geochemical effects of an oxycombustion stream containing SO₂ and O₂ on carbonate rocks in the context of CO₂ storage // *Chemical Geology*. 2014. Vol. 382. P. 140–152.
14. Karagorgakis A. L., Schindler M., Spiers G. A. Retention of rare earth elements in authigenic phases following biogeochemical dissolution of ore from Elliot Lake, Ontario // *Hydrometallurgy*. 2018. Vol. 177. P. 9–20. 
2. Kindyakov P. S., Korshakov B. G., Fedorov P. I., Kishyakov I. P. *Chemistry and Technology of Rare and Disseminated Metals*. In three volumes. 2nd enlarged and revised edition. Moscow: Vysshaya shkola, 1978. Vol. 3. 320 p.
3. Palani A. A., Troshkina I. D., Chekmarev A. M. *Metallurgy of rhenium*. Moscow: Nauka, 2007. 298 p.
4. Nwayi Shwan O. Q., Troshkina I. D., Aye Min, Shalyaev A. V. Sorption of rhenium and vanadium from mineralized solutions by fibrous ionomers. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2014. Vol. 55. Iss. 3. pp. 242–246.
5. Zagorodnyaya A. N., Abisheva Z. S., Sadykanova S. E., Sharipova A. S. Sorption of rhenium and uranium from solutions of their joint presence by weakly basic anion exchanger A170. *Tsvetnye Metally*. 2014. No. 5. pp. 53–60.
6. Palani A. A., Troshkina I. D., Chekmarev A. M., Kostylev A. I. *Rhenium technology*. Moscow: LLC "Gallera-print", 2015. 325 p.
7. Trefilova L. V., Degtyev M. I., Aikina E. N., Asanjanov A. A. Chemistry, determination and concentration methods of rhenium (VII). *Bulletin of Perm University. Chemistry*. 2015. No. 1. pp. 66–80.
8. Petrov G. V., Bodien A. Ya., Ivanov B. S., Serebryakov M. A. Investigation of ammonia autoclave leaching of silver and rhenium containing ill-conditioned copper concentrate. *Tsvetnye Metally*. 2016. No. 10. pp. 23–28. DOI: 10.17580/tsm.2016.10.03
9. Troshkina I. D., Veselova O. A., Vatsura F. Ya., Zakharov S. V., Serikbay A. U. Sorption of Rhenium from Sulfuric Acid Solutions with Triallylamine-Containing Impregnates. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2017. Vol. 58. Iss. 6. pp. 608–613.
10. Parova E. N., Ydyrov A. D. Organization and implementation technology for scaled-up testing of rhenium by-recovery from uranium ore. *Nauchnoe znanie sovremenosti*. 2018. No. 1. pp. 23–24.
11. Wanees S. A., Daher A. M., Haroun Y. S. A., Gouda M. M., Abdulla A. M., Ali A. H. Leaching, purification and extraction of uranium from salcrete deposits – Egypt. *Chemical Technology: An Indian Journal*. 2013. Vol. 8. Iss. 2. pp. 46–56.
12. Zakrzewska-Koluniewicz G., Hertzik-Konieczko I., Gajcaru C., Chajduk E. Experimental design and optimization of leaching process for recovery of valuable chemical elements (U, La, V, Mo, Yb and Th) from low-grade uranium ore. *Journal of Hazardous Materials*. 2014. Vol. 275. pp. 136–145.
13. Renard S., Sterpenich J., Pironon J., Chuquet P., Randi A. Geochemical effects of an oxycombustion stream containing SO₂ and O₂ on carbonate rocks in the context of CO₂ storage. *Chemical Geology*. 2014. Vol. 382. pp. 140–152.
14. Karagorgakis A. L., Schindler M., Spiers G. A. Retention of rare earth elements in authigenic phases following biogeochemical dissolution of ore from Elliot Lake, Ontario. *Hydrometallurgy*. 2018. Vol. 177. pp. 9–20.



UDC 66.061.34:669.822.5

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ ПРИ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ УРАНА ИЗ ХИМИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ



И. А. ИВАНОВА,
ведущий инженер-технолог
геотехнологической
лаборатории по урану



О. П. ВАСИЛЕНКО,
начальник ЦНИП,
vasilyupok@ngmk.uz



Б. Т. РУЗИЕВ,
начальник
геотехнологической
лаборатории по урану

ЦНИП, ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»,
Навои, Узбекистан

Введение

Среди способов добычи ураносодержащего сырья все большее распространение получает метод подземного выщелачивания (ПВ) урана через скважины [1–11] с последующей его экстракцией из раствора.

Экстракционным способом извлечения ценных компонентов из растворов и пульп, обладая рядом известных преимуществ, имеет существенный недостаток, заключающийся в возможности образования устойчивых эмульсий, что препятствует разделению фаз при экстракции, нарушает ритмичность работы аппаратов, ведет к потерям ценных компонентов и экстрагента [12].

Установлено, что сильное эмульгирование при экстракции урана из товарных растворов, полученных на предприятиях ПВ, обусловлено прежде всего наличием полимерных форм кремневых кислот.

Исследование процессов противозамульсионной очистки растворов

При сернокислотном подземном выщелачивании урана в результате реакции серной кислоты с рудомещающей породой (алюмосиликаты, гидрослюда, кварц и др.) наблюдается переход кремния в раствор. При этом образуются низкополимерные кремневые кислоты (α -формы), наиболее устойчивые в области pH = 1–3.

Сорбируемые из растворов на смолу низкополимерные формы кремневой кислоты образуют малоустойчивый комплекс с анионами и четвертичными аммониевыми группами анионообменных смол, используемых в технологии производства урана. Накопление кремния на операции сорбции может происходить и

Изложены причины возникновения эмульсии при экстракции урана из товарных растворов. Приведены результаты лабораторных исследований по подбору реагентов для предотвращения отрицательного влияния эмульсии на экстракционный процесс. Изучены процессы очистки сернокислых растворов от кремневой кислоты с использованием различных реагентов. Определены оптимальные расходы реагентов.

Ключевые слова: экстракция, эмульсия, экстрагент, товарный раствор, кремниевая кислота, алюмосиликаты, кварц, низкополимерные кремневые кислоты, полимеризация, каолины, бентонитовая глина.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.12

по другому механизму: низкополимерные формы кремневой кислоты, адсорбируясь на поверхности зерна анионита, проникают в поры и полимеризуются. Степень отравления урановой смолы может достигать до 150 мг/г, при этом емкость по урану снижается более чем на 35 %.

Полимеризуясь в фазе ионита, кремниевая кислота достаточно прочно удерживается в порах, но и частично смывается совместно с ураном при его десорбции. При осаждении полиуратов из азотнокислых регенератов резко возрастает скорость полимеризации кремневой кислоты. При pH = 6 происходит ее практически мгновенная полимеризация и осаждение; при последующем растворении полиуратов в серной кислоте кремниевая кислота в α -форме вновь переходит в раствор. В растворах минеральных кислот соединения кремния претерпевают процесс конденсационной полимеризации: $2\text{Si}(\text{OH})_4 \rightarrow (\text{HO})_3\text{SiOSi}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$. В результате дальнейшего взаимодействия образующихся форм с мономерными молекулами образуется полимер общей формулы $\text{Si}_n\text{O}_{n-1}(\text{OH})_{n+2}$.

В целом процесс полимеризации протекает довольно медленно, устойчивостью неполимеризованного кремния определяется солевым фоном раствора, его pH, температурой и другими факторами; именно поэтому свежеполученные порции товарных растворов не эмульгируют.

Если растворение полиуратов организовывать таким образом, чтобы получаемый раствор сразу же поступал на экстракцию, тогда возможно исключить образование устойчивых эмульсий, так как кремниевая кислота находится в моноформе. Поскольку скорость полимеризации кремневой кислоты пропорци-

Таблица 1. Влияние различных химреагентов на эмульгируемость растворов

Наименование реагентов, материалов	Расход реагентов, г/л			
	0,5	1	5	10
	Эмульгируемость, %			
Уголь активированный	18	5	8	8
Магнезит ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	4	4	2	1
Сульфат алюминия ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)	3,5	3	2	2
Фосфориты с Джерой-Сардаринского месторождения	12	8	6	6
Каолиновая глина	6	6	4	4
Бентонитовая глина	2	2	0	0

ональна ее концентрации в квадрате и корню квадратному времени выстаивания, то при прочих равных условиях фактор времени может быть решающим.

Ускорению образования полимерных форм кремнекислоты способствуют микродисперсные частицы $SiO_2 \cdot nH_2O$, присутствующие в растворе, так как даже тщательной фильтрацией не удастся удалить их из раствора. Наличие полимерных форм кремния более 150–200 мг/л приводит при экстракции к образованию устойчивых эмульсий. Вместе с тем при таких содержаниях процесс полимеризации не может продолжаться до образования достаточно крупных частиц, которые могли быть выделены в осадок.

Установлено, что обескремнивание растворов может быть успешно осуществлено с помощью флокулянтов – кремнийорганических соединений, способных выделять из кислых растворов в осадок кремнекислоту путем ее поликонденсации. Наиболее активными кремнеорганическими веществами оказались водорастворимые соединения: метилсиликат натрия, зилсиликат натрия и алюмометилсиликат натрия. Так, за 30 мин контактирования растворов, содержащих до 5 г/л кремнекислоты (при температуре 70 °С), с вышеуказанными веществами в количестве 1–1,5 % (об.) в осадок уходит почти вся кремнекислота при ее остаточной концентрации 0,05 г/л. К тому же в растворе остаются низкополимерные формы кремнекислоты, которые не являются стабилизаторами эмульсий.

Для исключения образования устойчивых эмульсий в ЦНИЛе НГМК были проведены поисковые исследования по очистке растворов с использованием ряда недорогих и доступных в работе веществ. Лабораторные исследования по подбору химреагентов проводили на производственных концентратах с эмульгируемостью 22 %. Для обработки концентрата были использованы активированный уголь, магнезит, сульфат алюминия, каолиновая глина, бентонитовая глина и фосфориты с Джерой-Сардаринского месторождения (табл. 1).

Как показали результаты исследования (см. табл. 1), при применении бентонитовой глины с расходом 0,5–1 г/л эмульгируемость растворов снизилась до 2 %. При повышении концентрации глины в растворе до 5–10 г/л эмульсия в растворе не наблюдается. Добавление в концентрат с расходом 5 г/л магнезита и сульфата алюминия также приводит к снижению эмульгируемо-

Таблица 2. Влияние бентонитовой глины на эмульгируемость растворов

Добавка глины в раствор, г/л	Время осветления растворов, мин	Остаточная эмульгируемость, %
0,5	180	6
1	120	6
1,5	120	6
2	120	5
3,5	100	2,5
5	100	0

сти растворов до 2 %. Добавка в систему адсорбентов позволяет не только ускорить агрегацию микрокапсул, но и создавать укрупненные флокулы и выделять их из раствора.

Для более детального изучения влияния бентонитовой глины на эмульгируемость растворов было принято решение провести дополнительные опытные работы. В товарном регенерате с эмульгируемостью 36 % содержание кремнекислоты (в пересчете на кремний) составляло около 0,8–1 г/л. Для ускорения коагуляции микрокапсул, повышения полноты и скорости отделения коагулянта от раствора был использован тот же метод микрокапсулирования частиц поликремнекислоты с введением в качестве адсорбента бентонитовой глины с различной концентрацией. Данные опытных работ приведены в табл. 2.

Как показывают результаты опытов, при расходе глины в 5 г/л эмульгируемость с 36 % снизилась до 0, время осветления растворов составило 100 мин.

Ранее в качестве веществ, наиболее подходящих для очистки растворов от кремния и других эмульгаторов, использовались ОЖК (оксизитилированные жирные кислоты фракции $C_{10}C_{22}$), представляющие собой смесь аминокислотных кислот различного состава (глицин – 27 %; пролин – 16, оксипролин – 14; глутаминовая кислота – 29; аргинин – 9 и лизин – 5 %). Позднее из-за дефицита ОЖК они были заменены техническим желатином, который также является продуктом переработки органических остатков. Процесс при этом осуществлялся следующим образом. В исходные ураносодержащие растворы с высокой эмульгируемостью добавляли технический желатин из расчета

Таблица 3. Влияние дополнительного адсорбента на эмульгируемость растворов и содержание в них кремния

Расход желатина, г/л	Без адсорбента		В присутствии адсорбента	
	Остаточная эмульгируемость, %	Содержание кремния, г/л	Остаточная эмульгируемость, %	Содержание кремния, г/л
0,03	36	0,610	1	0,382
0,06	36	0,523	2	0,268
0,10	36	0,426	0	0,210
0,20	6	0,324	0	0,120
0,30	0	0,204	0	0,086
0,60	0	0,184	0	0,086
1,00	0	0,093	—	—

0,1–0,3 г/л в виде 6–10%-ного водного раствора ($pH = 1 \div 2$). После перемешивания в течение 10–30 мин полученную суспензию отстаивали, осветленную часть (80–90 % об.), содержащую тонкодисперсные и плохооседающие частицы декантировали, а часть стуженного осадка (10–20 % об.) использовали для обработки свежих порций исходного ураносодержащего раствора.

В ЦНИГе были проведены опытные работы, где вместе с желатином использовали адсорбент – бентонитовую глину. Методика проведения эксперимента заключалась в следующем: в производственный концентрат с эмульгируемостью (36 %) вводили определенное количество технического желатина в виде водного 6%-ного раствора, приготовленного путем его растворения в горячей (50–60 °C) воде, подкисленной серной кислотой до $pH = 1 \div 2$. После этого пробы перемешивали в течение 10–15 мин для образования желатинового концентрата и последующего микрокапсулирования частиц поликремнекислоты. Затем в часть проб вводили адсорбент – бентонитовую глину в количестве 0,1 г/л и перемешивали полученную суспензию в течение 10 мин для агрегирования микрокапсул с частицами глины. Все пробы отстаивались, а осветленный раствор анализировали на содержание кремнекислоты и остаточную эмульгируемость. Данные лабораторных работ приведены в табл. 3.

Положительный опыт использования этих двух химреактивов позволил разработать новый коллоидно-химический метод микрокапсулирования. Сущность его заключается в микрокапсули-

ровании (процесс заключения мелких частиц вещества в тонкую оболочку пленкообразующего материала) полимерных форм кремнекислоты в желатиновую оболочку, т. е. образовании микрокапсул частиц поликремнекислоты как ядер, покрытых оболочкой с их последующим агрегированием (слипанием) в присутствии тонкодисперсных частиц адсорбента-коагулянта и выделением из раствора в осадок. Недостаток этого метода в том, что силы вязкости (трения) могут превосходить силы гравитации; это обуславливает неполноту выделения субмикрокапсул, в результате чего будет иметь место остаточная эмульгируемость растворов. Добавка технического желатина в товарные регенераты позволяет на 60–80 % очистить их от кремнекислоты, т. е. исключить образование устойчивых эмульсий при жидкостной экстракции.

Операции обработки ураносодержащих растворов с помощью желатина в присутствии выделенного оборотного осадка могут проводиться многократно с высокой эффективностью. Введение в систему адсорбента, в частности бентонитовой глины, дает возможность в 3 раза сократить расход желатина для обеспечения практически полной противозмусьсонной очистки растворов. Это дает возможность удешевить и упростить технологию обработки растворов.

Заключение

По результатам детальных лабораторных исследований разработан эффективный метод противозмусьсонной очистки товарных ураносодержащих растворов.

Библиографический список

- Петуров О. Ф., Истомин В. П., Руднев С. В., Хасанов А. С. Уран. – Ташкент: Топол энциклопедия, 2015.
- Фазлуллин И. И. Скажинное подземное выщелачивание металлов // Вестник российской академии естественных наук. 2013. Т. 13. № 5. С. 40–50.
- Деметров А. А., Бобкин А. С., Истомин А. Д., Носков М. Д., Кеслер А. Г., Челомов А. А. Инновационная технология управления разработкой месторождений урана методом подземного скажинного выщелачивания // Уран: геология, ресурсы, производство: тез. Третьего международного симпозиума. – М.: ФГП «ВИМС», 2013. С. 43–44.
- Рычкова В. Н., Скирнов А. Л., Горцунова К. Р. Сорбция урана из растворов подвижно выщелачивания сильнокислыми анионами // Радиохимия. 2014. Т. 56. № 1. С. 91–98.
- Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов: в 2 т. / под ред. М. И. Фазлуллина. – М.: ИД «Руда и Металлы», 2005. Т. 1: Уран. – 407 с.
- Аликулов Ш. Ш. Интенсификация технологических процессов подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд // Известия вузов. Горный журнал. 2017. № 1. С. 117–121.
- Quinn J. E., Wilkins D., Soldenhoff K. H. Solvent extraction of uranium from saline leach liquors using DEHPA/Alamine 336 mixed reagent // Hydrometallurgy. 2013. Vol. 134–135. P. 74–79.
- Tan A., U.C. Liu J., Qu H., Xia L. et al. A novel method using a complex surfactant for in-situ leaching of low permeable sandstone uranium deposits // Hydrometallurgy. 2014. Vol. 150. P. 99–106.

9. Renard S., Sterpenich J., Pirroni J., Chiquet P., Randi A. Geochemical effects of an oxycombustion stream containing SO₂ and O₂ on carbonate rocks in the context of CO₂ storage // *Chemical Geology*. 2014. Vol. 382. P. 140–152.
10. Bhargava S. K., Ram R., Pownceby M., Crockett S., Ring B. et al. A review of acid leaching of uraninite // *Hydrometallurgy*. 2015. Vol. 151. P. 10–24.

11. Li M., Huang C.-M., Zhang H.-W., Gao F.-Y., Wu X.-Y. et al. Extraction mechanism of depleted uranium exposure by dilute alkali pretreatment combined with acid leaching // *Hydrometallurgy*. 2018. Vol. 180. P. 201–209.
12. Ритце Г. М., Ашброк А. В. Экстракция: принципы и применение в металлургии. – М.: Металлургия, 1983. – 480 с. [R]

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 78–81
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.12

Sources and elimination of emulsion origination in liquid extraction of uranium from chemical concentrates

Information about authors

I. A. Ivanova¹, Leading Production Engineer of the Uranium Geotechnology Faculty of the Central Research Laboratory

O. P. Vasilenok¹, Head of the Central Research Laboratory, vasilenok@ngmk.uz

B. T. Ruziev¹, Head of Uranium Geotechnology Faculty of the Central Research Laboratory

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The study is aimed at prevention of negative effect exerted by emulsion on uranium extraction. It is shown that considerable emulsification is caused in marketable solutions by the presence of polymers species of silicic acid, first of all, and the objective is also set to select efficient agents to reduce the loss of valuable components and extractants

The authors analyze the causes and conditions of origination of stable emulsions in marketable solutions, and show that successful desilicization is possible with flocculants, i.e. silicone compounds capable to influence ionic species of silicic acids toward polyscondensation and sedimentation in acid solutions. The laboratory tests on selection of chemicals prove high efficiency of bentonite, magnesite and aluminium sulphate. For example, with the first of the listed agents, emulsification of solutions has decreased from 22 to 2%. The figures of the other two agents are similar. The pilot tests of bentonite confirm the laboratory data: at bentonite consumption of 3.5 g/l, residual emulsification of solutions makes 2.5% as against the initial level of 36% (overall reduction by 93%). Alongside the listed agents, it is recommended to use gelatins to avoid stable emulsification during liquid extraction of uranium.

Keywords: extraction, emulsion, extractant, marketable solution, silicic acid, aluminium silicate, quartz, low-polymeric silica acids, polymerization, kaolins, bentonite

References

1. Petukhov O. F., Isomov Y. P., Rodnev S. V., Khassanov A. S. Uranium. Tashkent: Uran zavod-ziryo, 2015.
2. Fazhullin M. I. Situ underground leaching of metals. *Vestnik Akademiya estestvoznaykh nauk*. 2013. No. 5. pp. 40–50.
3. Desmentev A. A., Babkin A. S., Isomov A. D., Moskov M. D., Ressler A. G., Chelgakov A. A. Innovation technology for mastering the uranium deposits mining by drillhole in situ leaching. *Uranium: geology, resources, production / theses of the Third International symposium. Moscow: FGUP "VIMS". 2013. pp. 43–44.*
4. Rychkov V. M., Smirnov A. L., Gortsanova R. R. Sorption of uranium from underground leaching solutions with highly basic anion exchangers. *Radiochemistry*. 2014. Vol. 56, Iss. 1. pp. 38–42.
5. Underground and heap leaching of uranium, gold and other metals: in two volumes. Ed.: M. I. Fazhullin. Moscow: "Ore and Metals" Publishing House, 2005. Vol. 1: Uranium. 407 p.
6. Alikulov Sh. Sh. Intensification of engineering processes of uranium subsoil leaching out of ores low permeability. *Izvestiya Nizov. Gornyy Zhurnal*. 2017. No. 1. pp. 117–121.
7. Quinn J. E., Wilkins D., Soldenhoff K. H. Solvent extraction of uranium from saline leach liquors using DEHPA/Alamine 336 mixed reagent. *Hydrometallurgy*. 2013. Vol. 134–135. pp. 74–79.
8. Yan K., Li C., Liu J., Qu H., Xia L. et al. A novel method using a complex surfactant for in-situ leaching of low permeable sandstone uranium deposits. *Hydrometallurgy*. 2014. Vol. 150. pp. 99–106.
9. Renard S., Sterpenich J., Pirroni J., Chiquet P., Randi A. Geochemical effects of an oxycombustion stream containing SO₂ and O₂ on carbonate rocks in the context of CO₂ storage. *Chemical Geology*. 2014. Vol. 382. pp. 140–152.
10. Bhargava S. K., Ram R., Pownceby M., Crockett S., Ring B. et al. A review of acid leaching of uraninite. *Hydrometallurgy*. 2015. Vol. 151. pp. 10–24.
11. Li M., Huang C.-M., Zhang H.-W., Gao F.-Y., Wu X.-Y. et al. Extraction mechanism of depleted uranium exposure by dilute alkali pretreatment combined with acid leaching. *Hydrometallurgy*. 2018. Vol. 180. pp. 201–209.
12. Ritze G. M., Ashbrook A. W. Solvent Extraction: Principles and Applications to Process Metallurgy. Translated from English. Moscow: Metallurgiya, 1983. 480 p.



УДК 622.7.622.342

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ СМЕШАННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ МУРУНТАУ И МЮТЕНБАЙ



В. К. ШТЕР,
директор,
info@ngmk.uz



С. К. ПОЛВАНОВ,
начальник цеха сорбции
и регенерации



Н. У. ЗРАГШЕВ,
начальник центральной
заводской лаборатории

ГМЗ-2, ПП «Навоийский горно-металлургический комбинат»,
Навои, Узбекистан

Введение

Многие золотодобывающие предприятия мира в последние десятилетия сталкиваются с проблемами извлечения золота из упорных руд. На разработку новых технологий по извлечению тонковкрапленного золота из упорных руд выделяют огромные средства и привлекают специалистов из разных научно-исследовательских институтов [1–12].

Технология гидрометаллургического завода № 2 (ГМЗ-2) Навоийского ГМК была предназначена для переработки окисленных малосульфидных руд месторождения Мурунтау. Сорбционный передел ГМЗ-2 заключается в предварительном цианировании (в 3 пачуках) и сорбционном выщелачивании со смолой (в 12 пачуках). Насыщенная золотом смола выводится из первого сорбционного пачука.

Ввиду увеличения производственных мощностей на ГМЗ-2 была начата поставка руд с месторождения Мютенбай. Золото в руде этого месторождения является мелкодисперсным, кроме того, сама руда характеризуется присутствием сорбционно-активных компонентов. Нарастание объемов поставки руды с месторождения Мютенбай привело к увеличению содержания золота в хвостах сорбции, что, в свою очередь, резко негативно отразилось на извлечении основного металла, поскольку существующая технология цинкисного сорбционного выщелачивания не обеспечивает требуемых показателей по извлечению. Поэтому совершенствование существующей технологии для переработки руд месторождения Мютенбай является актуальной задачей.

Исследования процесса извлечения золота из руд месторождения Мютенбай

Свойства руды месторождения Мютенбай сначала исследовали в лабораторных условиях. Сорбционное выщелачивание прово-

По результатам лабораторных и опытно-промышленных испытаний внесены изменения в технологический процесс отделения сорбции с увеличением извлечения золота.

Ключевые слова: золото, месторождение, извлечение золота, цианирование, сорбция, пачуки, ионообменная смола, технологическая схема.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.13

Таблица 1. Процесс сорбции золота рудной пробой

Время сорбции, мин	Концентрация золота в растворе, мг/л	Количество сорбированного золота, %
0	0,48	—
5	0,15	68,7
10	0,13	72,9
20	0,11	77,1
60	0,12	75,0
120	0,12	75,0

Таблица 2. Результаты опытно-промышленных испытаний технологической схем сорбционного выщелачивания

№ технологической цепочки	Число пачуков		Извлечение, %
	Предварительное цианирование	Сорбция	
1	3	12	83,3
2	0	12	81,7
3	0	15	85,0

дили в лабораторных пачуках. Предварительно руду измельчали до класса $-0,074$ мм (80 %). Химический анализ проб показал высокое содержание $C_{\text{гор}} = 0,15\text{--}0,7$ %, что указывало на высокую сорбционную активность руды.

Для более подробного изучения этого свойства руды провели выщелачивание без сорбента и в присутствии его при загрузке 3 % от объема пульпы. Условия выщелачивания были следующими: концентрация NaCN – 1 г/л; продолжительность выщелачивания – 24 ч; pH = 11; отношение Ж:Т = 2:1. Эксперимент показал, что в присутствии сорбента извлечение золота возросло до

© Штер В. К., Полванов С. К., Зрагшев Н. У., 2018

76,3 %, в то время как без сорбента оно составило всего лишь 22,4 %. Последнее обстоятельство можно объяснить [1] наличием в руде природных сорбентов, способных сорбировать растворенное золото. Для доказательства этого предположения был проведен эксперимент (табл. 1) по изучению кинетики сорбции золота рудной пробой из цианистых растворов с исходной концентрации золота 0,48 мг/л, NaCN — 220 мг/л, Т:Ж = 1:5 и рН = 11.

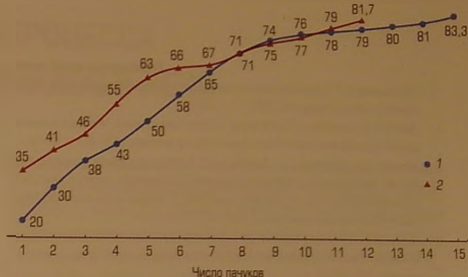
В результате исследований подтверждена высокая сорбционная активность природных сорбентов руд месторождения Мютенбай ввиду присутствия в них глинистых минералов.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что в существующем процессе цианистого сорбционного выщелачивания для предотвращения сорбции растворенного золота углеродистыми веществами целесообразно исключить процесс предварительного цианирования и использовать процесс «смола в пульпе». Для проверки этого предположения были проведены лабораторные исследования по сравнению процесса сорбции с предварительным цианированием и без него. Выяснилось, что исключение предварительного цианирования позволяет повысить извлечение золота с 71,6 до 74,4 %. На основе результатов лабораторных исследований было принято решение провести опытно-промышленные испытания.

Их провели в отделении сорбции цеха сорбции и регенерации ГМЗ-2, сравнивая показатели работы трех параллельно работающих технологических цепочек цианистого сорбционного выщелачивания (табл. 2). Первая цепочка работала по существующей технологической схеме (штатный режим), предварительное цианирование осуществляли в 3 пачуках, сорбционное выщелачивание — в 12 пачуках. Вторая цепочка действовала по измененной технологии сорбционного выщелачивания в 12 пачуках, минуя 3 пачука предварительного цианирования. Наконец, третья цепочка работала по усовершенствованной технологии сорбционного выщелачивания в 15 пачуках, с измененной схемой подачи смолы со второго сорбционного пачука в первый пачук цианирования.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- при сорбционном выщелачивании в 12 пачуках извлечение снизилось на 1,6 % относительно штатного режима, что связано с сокращением времени сорбционного выщелачивания (уменьшение ступеней сорбции), которое привело к сдвигу растворения ценного компонента в сторону хвостового пачука по всей экспериментальной цепочке и увеличению потерь ценного металла в хвостах сорбции (см. рисунок);
- при сорбционном выщелачивании в 15 пачуках (смола в пульпе) извлечение возросло на 1,7 % относительно штатного режима, что подтверждает выводы, сделанные на базе лабораторных испытаний; также дополнительно возросла емкость смолы в 1,2 раза, что благоприятно влияет на дальнейшие переделы.



Сравнительный анализ извлечения золота, %, в технологических цепочках с предварительным цианированием (1) и без него (2)

По проведенным лабораторным и промышленным опытам было принято решение в отделении сорбции цеха сорбции и регенерации ГМЗ-2 внести изменения в технологический процесс отделения сорбции путем подачи насыщенной ионообменной смолы со второго сорбционного пачука в первый пачук цианирования.

По существующей схеме с первого сорбционного пачука насыщенная смола поступала с помощью азролифта на отмычку от пульпы в барабанный грохот и на отсадку (разделение песков), с последующей перекачкой в отделение регенерации. За счет загрузки насыщенной смолы со второго сорбционного пачука в первый пачук цианирования было увеличено время сорбционного выщелачивания золота (контакта пульпы со смолой) и была увеличена скорость процесса в начальном этапе выщелачивания, что дало возможность максимальному переходу золота из твердой фазы пульпы в жидкую фазу в течение короткого времени за счет сорбции золота из жидкой фазы на смолу. Увеличение скорости процесса выщелачивания зависит от разности концентрации золота в твердой и жидкой фазах (градиент концентрации ΔC). В присутствии сорбента растворимый элемент поглощается сорбентом. При этом резко снижается концентрация золота в жидкой фазе и возрастает скорость процесса выщелачивания [13].

Заключение

Подключение в переработку упорных руд месторождения Мютенбай понизило качественные и количественные показатели работы гидрометаллургического завода № 2. По результатам обширных лабораторных и опытно-промышленных работ были внесены изменения в технологический процесс отделения сорбции завода, за счет которых был достигнут положительный эффект по извлечению золота.

Библиографический список

1. Лойдещиков В. В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд. в 2 т. — Ижевск: ОАО «Иргиредмет», 1999. Т. 2. — 452 с.
2. Канеев Р. И., Хамидов Р. А. Некоторые аспекты минералогии, геохимии и генезиса руд месторождений золота Узбекистана // Руды и металлы. 2013. № 2. С. 31–38.
3. Исенов Т. А., Чантурия В. А., Зимбова И. Г. Новые способы экспериментальной оценки селективности реагентов-собираетелей для флотации золота и платины из синковалентных руд благородных металлов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 5. С. 127–137.
4. Шумилова Л. В. Подготовка пирит-арсенопиритового концентрата к выщелачиванию золота на основе использования полиреагентных комплексов // Горные науки и технологии. 2016. № 1. С. 3–11.
5. Бочаров В. А., Игнаткина В. А., Чантурия Е. Л., Юшина Т. Н. Технологии комплексной переработки упорных колчеданных руд и пиритных техногенных продуктов с извлечением цветных и редких металлов // Цветные металлы. 2016. № 9. С. 16–21. DOI: 10.17580/tsm.2016.09.01
6. Федотов П. К., Сеиченко А. Е., Федотов К. В., Бурданов А. Е. Исследования обогатимости упорных первичных и смешанных руд золоторудного месторождения Красноярского края // Обогащение руд. 2017. № 3. С. 21–26. DOI: 10.17580/or.2017.03.04
7. Алексеев В. С., Банщикова Т. С. Извлечение упорных форм золота из гравитационных концентратов и хвостов обогащения россылей с применением химических реагентов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 4. С. 159–164.
8. Qiu X.-Y., Hu Z., Song B.-X., Li H.-W., Zou J.-J. A novel process for silver recovery from a refractory Au-Ag ore in cyanidation by pretreatment with sulfating leaching using pyrite as reductant // Hydrometallurgy. 2014. Vol. 144-145. P. 34–38.
9. Li W., Liu Z., Huang Q., Tang Y., Qiu X. Extraction of low-grade silver from a refractory Au-Ag ore in cyanidation by pretreatment with reductive alkaline leaching // Hydrometallurgy. 2016. Vol. 164. P. 257–264.
10. Mohammadi E., Pourabdoli M., Ghoheiti-Hasab M., Heidarpour A. Ammoniacal thiosulfate leaching of refractory oxide gold ore // International Journal of Mineral Processing. 2017. Vol. 164. P. 6–10.
11. Rabieh A., Eksteen J. J., Albayjan B. The effect of grinding chemistry on cyanide leaching of gold in the presence of pyrrhotite // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 173. P. 115–124.
12. Ghosemi S., Mohammadnejad S., Khalesi M. R. A DFT study on the speciation of aqueous gold and copper cyanide complexes // Computational and Theoretical Chemistry. 2018. Vol. 1124. P. 23–31.
13. Волков В. П. Сорбционные процессы действующих производств. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2014. — 160 с. [2]

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 82–84
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.13

Improvement of sorption technology for gold extraction from complex ore of the Muruntau and Myutenbai deposits

Information about authors

Y. K. Shteyn: Director of Hydrometallurgical Works 2, info@engmk.uz

S. K. Polanov: Head of Sorption and Regeneration Shopfloor of Hydrometallurgical Works 2

N. U. Ergashev: Head of Central Laboratory of Hydrometallurgical Works 2

¹ Navo Mining and Metallurgical Combinat, Navo, Uzbekistan

Abstract

The process flowsheet accepted at Hydrometallurgical Works 2 of the Navo Mining and Metallurgical Combinat is originally meant for oxidized low-sulphurous ore from the Muruntau deposit. The sorption process stage includes preliminary cyanidation and sorption leaching of gold with resin.

With an increase in production capacities, Hydrometallurgical Works 2 starts to intake ore from the Myutenbai deposit. This ore contains finely dispersed gold and sorption-active components. The buildup in the Myutenbai ore supply results in the loss of gold in sorption tailings, which affects performance of the Works. For this reason, it is highly important to improve the current processing technology and adopt it to the Myutenbai deposit ore.

As a result of extensive laboratory and commercial tests, it was decided to abandon preliminary cyanidation and convert the resin feed circuit into the gold leaching process. The modifications of the sorption process flowsheet of the Works considerably increased gold recovery from rebellious ore of the Myutenbai deposit.

Keywords: gold deposit, gold recovery, cyanidation, adsorption, parchara, ion-exchange resin, process flowsheet

References

1. Loideshchikov V. V. Technology of Gold and Silver Extraction from Rebellious Ore. in two volumes. Irbinsk: Irigredmet. 1999. Vol. 2. 452 p.

2. Koneev R. I., Khaimatov R. A. Some aspects of the mineralogy, geochemistry, and ore genesis of gold deposits in Uzbekistan. *Rudy i metally*. 2013. No. 2. pp. 31–38.
3. Ivanova T. A., Chanturia V. A., Zimbovskiy I. G. New experimental evaluation techniques for selectivity of collecting agents for gold and platinum flotation from fine-impregnated noble metal ores. *Journal of Mining Science*. 2013. Vol. 49, Iss. 5. pp. 785–794.
4. Shumilova L. V. Preparation of pyrite-arsenopyrite concentrate for gold leaching through the use of polyreagent complexes. *Mining Science and Technology*. 2016. No. 1. pp. 3–11.
5. Bocharov V. A., Ignatkina V. A., Chanturia E. L., Yushina T. I. Technologies of complex processing of refractory pyritic ores and pyrite technogenic products with extraction of non-ferrous and rare metals. *Izvestiya Metallurgiya*. 2016. No. 9. pp. 16–21. DOI: 10.17580/tsm.2016.09.01
6. Fedotov P. K., Seichenko A. E., Fedotov K. V., Burdanov A. E. The Krasnoyarsk Territory primary and complex gold rebellious ores dressability studies. *Obogashchenie Rud*. 2017. No. 3. pp. 21–26. DOI: 10.17580/or.2017.03.04
7. Alekseev V. S., Banskichova T. S. Rebellious Gold Extraction from Gravity Concentrates and Placer Tailings by Chemical Reagents. *Journal of Mining Science*. 2018. Vol. 53, Iss. 4. pp. 756–761.
8. Qiu X.-Y., Hu Z., Song B.-X., Li H.-W., Zou J.-J. A novel process for silver recovery from a refractory Au-Ag ore in cyanidation by pretreatment with sulfating leaching using pyrite as reductant. *Hydrometallurgy*. 2014. Vol. 144-145. pp. 34–38.
9. Li W., Liu Z., Huang Q., Tang Y., Qiu X. Extraction of low-grade silver from a refractory Au-Ag ore in cyanidation by pretreatment with reductive alkaline leaching. *Hydrometallurgy*. 2016. Vol. 164. pp. 257–264.
10. Mohammadi E., Pourabdoli M., Ghoheiti-Hasab M., Heidarpour A. Ammoniacal thiosulfate leaching of refractory oxide gold ore. *International Journal of Mineral Processing*. 2017. Vol. 164. pp. 6–10.
11. Rabieh A., Eksteen J. J., Albayjan B. The effect of grinding chemistry on cyanide leaching of gold in the presence of pyrrhotite. *Hydrometallurgy*. 2017. Vol. 173. pp. 115–124.
12. Ghosemi S., Mohammadnejad S., Khalesi M. R. A DFT study on the speciation of aqueous gold and copper cyanide complexes. *Computational and Theoretical Chemistry*. 2018. Vol. 1124. pp. 23–31.
13. Volkov V. P. Sorption processes of operating plants. Moscow: "Ore and Metals" Publishing House, 2014. 160 p.

УДК 669.213

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЕЧИ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО ОБЖИГА



А. С. ХАСАНОВ,
зам. директора по науке НПО –
руководитель научно-технического центра НПО,
проф., д-р техн. наук,
abdurashidoli@mail.ru,
АО «Алмалыкский горно-металлургический
комбинат», Алмалык, Узбекистан



Б. И. ТОЛИБОВ,
докторант,
Навоийский государственный горный институт,
Навои, Узбекистан

Введение

Одним из приоритетных направлений является переработка труднообогатимых упорных золотосодержащих руд и концентратов, которые в нормальных условиях цианирования не обеспечивают достаточного высокого извлечения золота в товарную продукцию. Сложность объясняется наличием в рудах тонко- и дисперсно-вкрапленного золота в сульфидов, из которых оно практически не извлекается прямым цианированием, а также присутствием в исходных рудах и концентратах мышьяка и сульфидов железа, которые при цианировании являются восстановителями, т. е. поглощают кислород и цианид. Кроме того, наиболее сильными природными сорбентами золота являются углистые вещества [1–6]. Такие соединения, осложняющие технологический процесс при извлечении золота, относятся к месторождениям Копетат и Даугызтау.

Технологические печи широко применяют практически во всех химических отраслях промышленности. В печах в результате сжигания топлива (газообразного, жидкого и комбинированного) происходит процесс нагрева перерабатываемого продукта. Механизм теплопередачи достаточно сложен, так как в этих устройствах, в отличие, например, от теплообменников, значителен вклад в суммарный теплообмен лучистой (радиационной) составляющей. В некоторых случаях этот механизм теплопередачи является преобладающим. При этом организация движения образующихся дымовых газов оказывает существенное влияние на вклад в суммарный теплообмен конвективной составляющей. В связи с этим проектирование печей предполагает учет характеристик топлива, расчет процесса горения с учетом гидродинамики движения дымовых газов, выбор кон-

Целью настоящего исследования является нахождение оптимального режима с высокими показателями извлечения золота и одновременным уменьшением содержания сульфидной серы в концентрате и промпродукте. При этом использовали установку скоростного обжига сульфидных соединений, которая разрушает кристаллическую решетку сульфидов, вскрывая золото с помощью окислителя, что в дальнейшем процессе цианирования ведет к увеличению извлечения золота, а также получению дополнительной электроэнергии для электрических частей печи и освещения.

Ключевые слова: окислительный обжиг, сульфиды, обжиг во взвешенном состоянии, упорные руды, золотомышьяковые руды, кек биокисления.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.14

струкции печи, учет характеристик топливно-сжигающих устройств и др.

При наличии в руде золотосодержащих сульфидов они извлекаются в коллективный флотационный концентрат, который подвергается цианированию после обжига или другого способа вскрытия.

Основные показатели переработки сульфидных руд и концентратов с использованием флотационного обжига на зарубежных фабриках приведены в **табл. 1**.

В упорных рудах золота находится в тесной ассоциации с сульфидными, сульфидарсенидными (в основном, с пиритом и арсенидопиритом), покрыто пленками окислов железа и других соединений, а также тонковкрапленное в кварце. Число других форм упорного золота в рядовых сульфидных концентратах, как правило, незначительно и не оказывает существенного влияния на общий баланс металла.

Золотосульфидные гравио- и флотоконцентраты подвергают цианированию после доизмельчения иногда до крупности $-0,044$ мм (95 %). При переработке упорных мышьякособержащих концентратов необходимо вскрытие золота перед цианированием [7, 8].

При окислительном обжиге флотационных концентратов сульфиды окисляются и превращаются в пористую, хорошо проливаемую для цианистых растворов массу оксидов. Последующее выщелачивание огарка позволяет перевести золото в цианистый раствор [9–11].

Окисление пирита начинается при температуре 450–500 °С. Процесс протекает с образованием в качестве промежуточного

Таблица 1. Показатели переработки золотосодержащих концентратов с использованием окислительного обжига на зарубежных фабриках

Предприятие	Производительность по концентрату, т/сут	Число стадий обжига	Содержание в концентрате			Извлечение золота из огарка ¹ , %	Содержание золота в явстае цинирования, г/т
			As, г/т	S, %	As, %		
Dalry (Зимбабве)	25	1	10-90	22	4,5-6	95-97	4,9
Giant Yellowknife Mines Ltd. (Канада)	195	2	127	20,1	9,3	93,7	8
Dickenson (Канада)	12-15	1	69	18,9	11	80	17
Cochenour-Williams (Канада)	1	1	170	18,4	6,3	94,7	13,9
Campbell Red Lake Mines Ltd. (Канада)	60	2	2215	20,5	6,5	97,3	7,9
Golden State (США)	40	1	157	23,9	—	97,5	4,8
Getcheil (США)	1500	1	7	3,6	2,8	80	1,4
Betty (Канада)	100-125	1	26	16	2,3	92	3
Jardine (США)	20-40	2	64	20	38	60	39,2

¹ Огарок переработан цианированием.

продукта пирротина: $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 = \text{FeS} + \text{SO}_2$, который окисляется до гематита: $3\text{FeS} + 5\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 3\text{SO}_2$ и гематита: $2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 1/2\text{O}_2 = 3\text{Fe}_2\text{O}_3$.

При температурах выше 600 °С окислению пирита предшествует его диссоциация с образованием пирротина: $2\text{FeS}_2 = 2\text{FeS} + \text{S}_2$, который затем также окисляется до гематита [12, 13].

Материалы и методика эксперимента

Авторы статьи предлагают новый тип обжиговой печи для различных сульфидных материалов для интенсивного обжига. Схема печи представлена на рис. 1.

Преимуществами рекомендуемой печи являются: высокая производительность; подача шихты и топлива одновременно; высокая степень десульфуризации; экономия топлива при исполь-

зовании теплоты дымовых газов (подается горячий воздух). В данном случае при установке спиральной трубки для нагревания подаваемого воздуха отходящая пыль остужается и выход пыли значительно уменьшается (примерно на 10 %). Температура воздуха в дымовых газах не превышает 400 °С, что приводит к уменьшению образования кислот и сохранению коррозионной стойкости элементов печи. Электрическая энергия преобразуется от тепловой энергии поверхности дымовых газов. Данный печной агрегат сконструирован для интенсивного обжига сульфидных материалов любого типа.

В лабораторных условиях с целью определения оптимального режима окислительного обжига проведены эксперименты с сульфидным биоскоком на гидрометаллургическом заводе № 3 НГМК. Обжиг проводили при температуре 600 °С в течение 60 мин. Результаты исследований представлены на рис. 2. По результатам

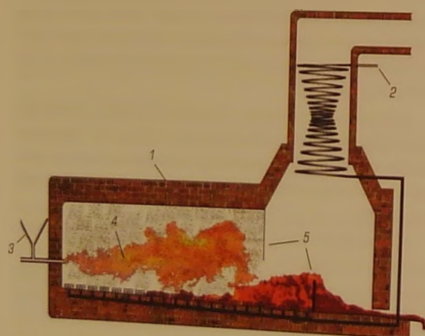


Рис. 1. Схема рекомендуемой обжиговой печи:

1 – обжиговая печь; 2 – подача горячего воздуха; 3 – горелка; 4 – топливо; 5 – перегородки

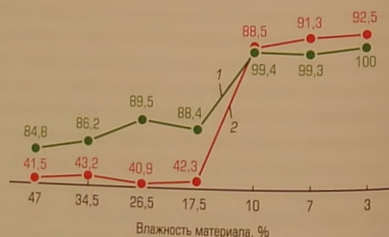


Рис. 2. Влияние влажности материала на степень окисления (1) и извлечения (2) ценного компонента, %

Таблица 2. Основные технические показатели различных видов обжига

Показатели	Обжиг в много-подовых печах	Обжиг во взвешенном состоянии	Обжиг в кипящем слое	Обжиг в трубчатой вращающейся печи длиной 30–50 м	Обжиг в лабораторной печи	Обжиг в пред-лагаемой проектной промышлен-ной печи
Суточная производительность печи по концентрату, т/сут	50	100	150	140–160	0,0151	337,5
Удельная производительность, т/м ²	1,2–1,3	3–4	4,8–5,5	2,5–3,0	6–6,5	7–7,5
Максимально допустимая температура, °С	830–860	930–1000	1000	700–900	600	650
Расход постороннего топлива, %	3–5	–	–	5–7	2–2,5	1,5–2
Коэффициент избытка воздуха	1,5–1,6	1,3–1,4	1,2–1,3	1,3	1,5–1,7	1,2–1,3
Концентрация SO ₂ в газах на выходе из печи, %	4–5	7–9	8–12	5–7	0,5–1	0,3–1
Содержание серы в продуктах обжига, %: сульфидной сульфатной	0,8–1 2	0,5–0,8 0,5	0,4 2	0,5–0,6 1,5–2	0,2–0,3 0,1–0,2	0,3–0,5 0,2–0,3

экспериментов определены оптимальные условия для интенсивного обжига сульфидов в данной печи. Следует отметить, что при подаче шихты (сульфидов) материал должен иметь минимальную влажность – не более 5 %. При температуре 600–650 °С в зависимости от влажности материала степень десульфуризации составляет до 98–99 %.

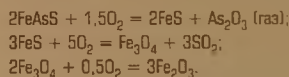
Основные технические показатели различных видов обжига приведены в табл. 2.

Показатели окислительного обжига зависят от различных параметров, наиболее значимым из которых является температура. При недостаточно высокой температуре обжига (<500 °С) скорость окислительных реакций низкая, и в огарке может присутствовать заметное количество не полностью окисленных частиц пирита. Цинкование такого огарка будет сопровождаться значительными потерями золота вследствие его недостаточно полного вскрытия. С повышением температуры обжига окисление пирита протекает быстрее и полнее. Однако при температурах более 900–950 °С возможно частичное плавление огарка вследствие образования относительно легкоплавких эвтектических смесей, состоящих из пирротина и магнетита. Появление расплава ведет к спеканию материала и получению плотных малопористых огарков, плохо поддающихся цинкованию [14–17].

На показатели обжига существенное влияние оказывает концентрация кислорода в газовой фазе. При его низкой концентрации скорость окисления пирита снижается, что может привести к недостаточно полному вскрытию золота. При достаточно высокой концентрации кислорода скорость процесса настолько увеличивается, что при недостаточно хороших условиях теплообмена тепло экзотермических реакций не будет успевать рассеиваться в окружающей среде, и температура обжигаемых зерен превысит опасный предел (900–950 °С). В результате огарок оплавится, и структура его будет недостаточно пористой. Практически установлено, что оптимальная температура обжига пиритных концентратов зависит от их вещественного состава и колеблется в пределах 500–700 °С.

Осуществление процесса обжига на поду в условиях относительно слабого перемешивания материала создает значительную опасность «перегрева» огарка и его частичного плавления. Проведение процесса в печах кипящего слоя, где вследствие интенсивного перемешивания условия теплообмена исключительны благоприятны, позволяет значительно точнее выдерживать температурный режим обжига, не допуская плавления огарка.

Поведение арсениопирита при окислительном обжиге во многом аналогично поведению пирита. Интенсивное окисление арсениопирита начинается при температуре около 450 °С и протекает с образованием в качестве промежуточных продуктов пирротина и магнетита:



При температурах более 600 °С окислению арсениопирита предшествует его диссоциация: $4\text{FeAsS} = 4\text{FeS} + \text{As}_4 \text{ (газ)}$.

Газообразный мышьяк окисляется до оксида мышьяка (III): $\text{As}_2 + 3\text{O}_2 = 2\text{As}_2\text{O}_3$, а пирротин – до гематита.

Образующийся оксид мышьяка (III) обладает высокой летучестью. При температуре 465 °С упругость пара As_2O_3 равна 1 атм. Поэтому мышьяк, окисленный до оксида As_2O_3 , переходит в газовую фазу. Однако при избытке кислорода оксид мышьяка (III) может окислиться до оксида мышьяка (V): $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{O}_2 = \text{As}_2\text{O}_5$.

В зависимости от условий обжига и вещественного состава обжигаемого материала оксид мышьяка (V) может оставаться в огарке в неизменном состоянии или вступать во взаимодействие с оксидами железа, образуя арсенаты двух- и трехвалентного железа $\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_2$ и FeAsO_4 . Так как оксид мышьяка (V) и арсенаты железа практически нелетучи, то мышьяк, окисленный до пятивалентного состояния, полностью остается в огарке. Последнее обстоятельство крайне нежелательно, так как при последующем планировании огарка мышьяк переходит в раствор и в ряде слу-

Таблица 3. Результаты окислительного обжига

Параметры	Продолжительность процесса, мин			Температура, °C ($\tau = 40$ мин)		
	20	30	40	550	600	650
Масса огарка, кг	10	10	10	10	10	10
Выход огарка, г (%)	8,74 (87,4)	8,86 (88,6)	8,21 (82,1)	8,62 (86,2)	8,18 (81,8)	7,92 (79,2)
Количество, %:						
серы в кеке (до обжига)	8,56	8,56	8,56	8,56	8,56	8,56
серы/углерода в огарке (после обжига)	3,45/1,7	0,92/0,6	0,26/0,2	0,36/1,92	0,21/0,14	0,08/0,11
Степень десульфуризации, %	59,7	89,25	97	95,8	97,5	99,1

чаев препятствует осаждению золота цинковой пылью. Обратное использование обеззолоченных цианистых растворов становится при этом практически невозможным. Кроме того, присутствие в огарке соединений пятивалентного мышьяка приводит к образованию пленок на поверхности золотых частиц, что затрудняет их растворение в цианистом растворе.

Предлагаемая технология

Предлагается следующая последовательность выполнения работы по переработке серо- и углеродсодержащих трудноперерабатываемых полупродуктов биоокисления.

Шихта (в среднем до 7 % S, до 3 % C) состоит из пенного продукта с реакторов биоокисления (S до 8 %, C до 3 %) и кека биоокисления (S до 6 %, C до 4 %) в соотношении 1:1. После фильтрации шихта влажностью $W = 30\text{--}35\%$ поступает на сушку в вращающуюся печь. Температура печи составляет 250–300 °C. Полученный кек ($W = 1\%$) подвергают низкотемпературному твердофазному окислительному обжигу в предлагаемой печи. Обжиг в лабораторных условиях проводится во взвешенном состоянии в потоке огня в стационарной печи длиной 600 мм, шириной 200 мм и высотой 400 мм. Обжиг производится при $t = 500\text{--}600$ °C. Температура процесса не должна превышать 650 °C во избежание спекания материала.

Первая зона печи, где происходит выделение внутренней и гигроскопической влаги материала, имеет длину 400 мм и температуру 400–450 °C; во второй зоне печи начинается процесс сгорания угля и диссоциация пирита, пирротина и арсенопирита с частичным окислением. Данные процессы протекают в хвостовой части печи, где температура составляет 550–600 °C и завершается процесс окисления сернистых и углеродистых соединений.

Огарок выводится через отверстие и промывается 2%-ным раствором NaOH и передается для дальнейшего цианирования (можно не промывать).

Результаты и их анализ

В ходе проведения лабораторных экспериментов определены основные технические показатели печи: суточная производительность лабораторной печи по концентрату – 15,1 кг/сут; удельная производительность – 6–6,5 т/м²; концентрация SO₂ в газах на выходе из печи – 0,5–1 %.

Результаты окислительного обжига приведены в табл. 3

Заключение

В зависимости от характера концентрата и условий обжига степень удаления серы (десульфуризация) составила 90–95 %, степень удаления мышьяка – 90–95 %. В огарках, кроме пыли циклонов и инерционных фильтров, содержится, %: сера сульфидная – 0,3–0,5; сера сульфатная – 0,5–3; мышьяк – 0,5–1,5. Выход обожженного материала составляет 75–90 %.

В огарке остаются органический углерод и окись углерода в количестве 0,2–0,3 %. Получены хорошие результаты при содержании серы 8,56 %. В огарке отсутствует сера, так как она почти полностью переходит в газ (более 98 %), и только до 0,2 % остается в обожженном кеке.

В результате лабораторных исследований установлено, что обжиг продукта биоокисления, полученного из руды месторождений Кокпатав и Даугызтау, при температуре 600 °C в течение 90 мин и последующее сорбционное цианирование огарка обеспечивают повышение предельного извлечения золота до 82,7 %.

Библиографический список

1. Kuznetsov P., Wilson R., Chinnastany S. S., Borshchov N.-I. Multi-stage growth and invisible gold distribution in pyrite from the Kordakchito sediment hosted gold deposit, eastern India // *Ore Geology Reviews*. 2013. Vol. 15. P. 134–141.
2. Wu S. J., Bonkay A. G., Weinberg R. E., Fan W. B. Implications of pyrite geochemistry for gold mineralization and immobilization in the Jiaolai gold district, northeast China // *Ore Geology Reviews*. 2015. Vol. 71. P. 150–168.
3. Gao Z.-M., Yang Z.-S., Li H.-Y., Jin T.-Y., Yao L.-B., Xiao W.-B. Genesis and Characteristics of Gold Hosted by Pyrite // *Geological Journal of China Universities*. 2000. Vol. 6(2). P. 156–162.
4. Dan Liu, Yi-jie Wang, Yong-jun Xian, Shu-ming Wen. Electronic structure and floatability of gold-bearing pyrite: A density functional theory study // *Journal of Central South University*. 2017. Vol. 24. Iss. 10. P. 2288–2293.
5. Zhang Mei Sun, Chun-Bao Sun, Ji-Zhen Wang, Wan-Zhong Yin. Optimization and mechanism of gold-bearing sulfide flotation // *Rare Metals*. 2014. Vol. 33. Iss. 3. P. 363–368.
6. Гурман М. А., Щербак Л. И., Рассказова А. В. Извлечение золота и мышьяка из продуктов обжига упорных пирит-арсенопиритовых концентратов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 3. С. 145–150.
7. Бондарев Э. А., Абрамкин Д. В. Технология золотосодержащих руд – М.: НИТУ «МИСиС». 2011. – 420 с.

8. Захаров Б. А., Меретуков М. А. Золото-упорные руды. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2013. — 452 с.
9. Петухов О. Ф., Санаккулов К., Хасанов А. С., Мустакимов О. М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии. — Ташкент: Истиклол нури, 2013. — 414 с.
10. Санаккулов К. С., Эргашев У. А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. — Ташкент: ГП «НИИМР», 2014. — 286 с.
11. Абрамов А. А. Пути повышения комплексности использования полезных ископаемых и улучшения охраны окружающей среды // Рациональное освоение недр. 2012. № 3. С. 38–48.
12. Blanchard M., Alfredsson M., Brodhoft J., Wright K., Catlow C. R. A. Arsenic incorporation into FeS₂ pyrite and its influence on dissolution: A DFT study // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2007. Vol. 71. Iss. 3. P. 624–630.

«GORNYY JURNAL», 2018, № 9, pp. 85–89
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.14

Feasibility of sulfide material oxidation in intense roasting furnace

Information about authors

A. S. Khasanov. Deputy Director of Science at the Science and Production Association, Professor, Doctor of Engineering Sciences, at.durashidsoil@mail.ru
B. I. Tolibov. Doctoral Student

¹ Almalik Mining and Metallurgical Plant, Almalik, Uzbekistan

² Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

In terms of the Kokpatalas and Daugytztau deposits, the effect of preliminary calcination of gold-containing flotation concentrates and industrial products, conducted prior to cyanidation, on gold recovery is studied.

The material constitution of flotation concentrates and industrial products are studied, and the reasons of unsuccessful increase in gold extraction are shown: fine dissemination of gold in quartz; presence of iron-containing compounds in minerals; presence of minerals containing arsenic and iron sulfides, which play the role of reducing agents, absorbing oxygen during roasting and cyanides during leaching, carbonaceous substances. The behavior of arsenic during roasting is described, and the conditions of arsenic removal for the increase of gold extraction are proposed.

The design of the furnace for roasting flotation concentrates and industrial products, which operates with a suspended layer of material, is proposed. This furnace design is also applicable to the fluidized bed of the material, in which all oxidation processes are carried out in an intensive mode. At the same time, the maintenance of the required furnace temperature is a significant factor, as exceeding it set index will cause the material to melt, thus making it difficult for the reagent to penetrate during cyanidation.

Studies on biooxidation products carried out on a furnace with a suspended layer for oxidation of sulfur and carbon confirmed the results of the laboratory studies.

Keywords: oxidative roasting, sulphides, suspended roasting, resistant ores, gold–silver ores, biooxidation slurry.

References

1. Hazarika P., Mishra B., Chinnasamy S. S., Bernhardt H.-J. Multi-stage growth and invisible gold distribution in pyrite from the Kundarkocha sediment-hosted gold deposit, eastern India. *Ore Geology Reviews*. 2013. Vol. 55. pp. 134–145.

13. Лодешников В. В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2 т. — Иркутск: ОАО «Иригидмет», 1999. — 785 с.
14. Санаккулов К. С., Эргашев У. А. Современное состояние и направления развития технологии биоксидации для переработки сульфидных руд на ГМЗ-3 // Горный вестник Узбекистана. 2012. № 1(48). С. 48–53.
15. Санаккулов К. С., Мустакимов О. М., Эргашев У. А., Аббатов Н. А. О целесообразности применения комбинированных технологий для переработки особо упорных золотосульфидных руд // Цветные металлы. 2016. № 2. С. 9–14. DOI: 10.17580/cym.2016.02.01
16. Adams M. D. *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*. 2nd ed. — Amsterdam: Elsevier, 2016. — 980 p.
17. Емельянов Ю. Е., Богородский А. В., Баиков С. В., Епифанов А. В. Составительная оценка вариантов переработки упорных флотоконцентратов // Цветные металлы. 2012. № 8. С. 10–12. **17**
2. Mills S. E., Tomkins A. G., Weinberg R. F., Fan H.-R. Implications of pyrite geochemistry for gold mineralisation and remobilisation in the Jiaodong gold district, northeast China. *Ore Geology Reviews*. 2015. Vol. 71. pp. 150–168.
3. Gao Z.-M., Yang Z.-S., Li H.-Y., Luo T.-Y., Yao L.-B., Rao W.-B. Genesis and Characteristics of Gold Hosted by Pyrite. *Geological Journal of China Universities*. 2000. Vol. 6(21). pp. 156–162.
4. Dan Liu, Yi-jie Wang, Yong-jun Xian, Shi-ming Wen. Electronic structure and floatability of gold-bearing pyrite: A density functional theory study. *Journal of Central South University*. 2017. Vol. 24. Iss. 10. pp. 2288–2293.
5. Zhang-Mei Sun, Chun-Bao Sun, Ji-Zhen Wang, Wan-Zhong Yin. Optimization and mechanism of gold-bearing sulfide flotation. *Rare Metals*. 2014. Vol. 33. Iss. 3. pp. 363–368.
6. Gurman M. A., Shcherbak L. L., Rasskazova A. V. Gold and arsenic recovery from calcinates of rebellious pyrite–arsenopyrite concentrates. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51. Iss. 3. pp. 586–590.
7. Bocharov V. A., Abruynov D. V. *Gold-Bearing Ore Technology*. Moscow: MTU MISK, 2011. 420 p.
8. Zakharov B. A., Meretukov M. A. *Gold: refractory ores*. Moscow: «Ore and Metals» Publishing House, 2013. 452 p.
9. Petukhov O. F., Sanakulov K. S., Khasanov A. S., Mustakimov O. M. Redox processes in metallurgy. Tashkent: Istiklol nuri, 2013. 414 p.
10. Sanakulov K. S., Ergashev U. A. Theory and practice of mastering of processing of gold-bearing refractory Kyzylkum ores. Tashkent: State Enterprise «Scientific-Research Institute of Mineral Resources». 2014. 286 p.
11. Abramov A. A. Ways for increase in complexity of ores and coals use and improvement of environment protection. *Ratsionalnoe osvoenie neдр*. 2012. No. 3. pp. 38–48.
12. Blanchard M., Alfredsson M., Brodhoft J., Wright K., Catlow C. R. A. Arsenic incorporation into FeS₂ pyrite and its influence on dissolution: A DFT study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2007. Vol. 71. Iss. 3. pp. 624–630.
13. Lodeshnikov V. V. *Technology of Gold and Silver Extraction from Rebellious Ore: in two volumes*. Irkutsk: Irigridmet, 1999. 785 p.
14. Sanakulov K. S., Ergashev U. A. Modern state and ways of development of biooxidation technology for processing of sulfide ores at Hydrometallurgical Plant No. 3. *Gornyy vestnik Uzbekistana*. 2012. No. 1(48). pp. 48–53.
15. Sanakulov K. S., Mustakimov O. M., Ergashev U. A., Abbatoev N. A. About the expediency of application of combined technologies for processing of high refractory gold-sulfide ores. *Twenty Metals*. 2016. No. 2. pp. 9–14. DOI: 10.17580/cym.2016.02.01
16. Adams M. D. *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2016. 980 p.
17. Emyel'yanov Yu. E., Bogorodskiy A. V., Baikov S. V., Epifanov A. V. The assessment of options for processing refractory flotation concentrates. *Twenty Metals*. 2012. No. 8. pp. 10–12.

UDC 622.88

ОБОСНОВАНИЕ ПАРКА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ КАРЬЕРА «МУРУНТАУ–МЮТЕНБАЙ» ОТ IV К V ОЧЕРЕДИ



А. Ф. РАВШАНОВ
главный инженер ЦРУ,
ГП «Навоийский горно-
металлургический
комбинат»
Навои, Узбекистан



А. А. СИЛКИН
начальник НИИП,
Silkin.A.A.@yandex.ru



А. В. СЕЛЕЗНЕВ
начальник НИИО

АО «ВНИИГорнотехнологии», Москва, Россия

Введение

Будущее положение в экономике Навоийского горно-металлургического комбината занимает Зарафшанский золотоизвлекательный комплекс, основанный на сырьевой базе уникального по запасам золота месторождения Мурунтау, разрабатываемого с 1967 г. Зарафшанский золотоизвлекательный комплекс является крупнейшим горноперерабатывающим предприятием, сотрудничающим со многими зарубежными компаниями и реализовавшим передовые технологии добычи скальных руд на базе новейшего оборудования [1–6].

Разработанная в 2015 г. долгосрочная стратегия дальнейшего освоения месторождений Мурунтау и Мютенбай с обоснованием на ее технических решениях в 2016 г. кондиций с пересчетом запасов предусматривает поэтапное развитие горных работ. На начальном этапе работы будут вестись в контурах IV очереди (до 2019 г.). Затем выделен переходный этап, во время которого дорабатываются запасы IV очереди (2020–2024 гг.) и осуществляется развитие карьера в контурах, определенных при сохранении поверхностной инфраструктуры и существующих конвейеров циклично-поточной технологии (ЦПТ) в период с 2020 по 2028 г. для обеспечения строительства наклонного ствола с конвейерными линиями (II этап) от поверхности в районе месторождения Бессопанту (4 км от ГМЗ-2) к северо-западному борту карьера Мурунтау (I этап до гор. +390 м) и с учетом постановки горизонта +390 м борту в предельное положение (до 2025 г.). На следующем этапе в период с 2025 г. по 2064 г. отрабатываются запасы в контурах карьера V очереди.

Для своевременной подготовки запасов к выемке в контурах V очереди необходимо обеспечить дополнительное перемещение в объеме не менее 103 млн м³ горной массы, находящейся в

Приведены данные по развитию карьера «Мурунтау–Мютенбай» в том числе транспортной трассы на несколько десятилетий вперед. На основе многофакторной оценки и выполненных расчетов обоснован необходимый парк горнотранспортного оборудования в переходный период.

Ключевые слова: карьер «Мурунтау–Мютенбай», поэтапное развитие горных работ, горнотранспортное оборудование.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.15

отвалах и складах, расположенных по периметру карьера в контурах карьера V очереди, при поддержании плановой производительности по горной массе в объеме не менее 85 млн м³ в год. При этом требуется достоверная оценка количества горнотранспортного оборудования с учетом существующих конвейерных комплексов ЦПТ [7–12].

Действующие схемы вскрытия и транспорта карьера «Мурунтау–Мютенбай»

Карьер «Мурунтау» по проекту 2011 г. в контурах IV очереди отстроен на запасах, утвержденных по состоянию на 01.01.2008 г.

На северо-восточном борту действует дробильно-конвейерный комплекс с крутонаклонным конвейером (КНК-270 с дробильно-перегрузочным пунктом ДПП-3500) от гор. +285 м до поверхности, предназначенный для транспортирования балансовой, забалансовой руды и породы.

Участок на месторождении Мютенбай отстроен до отм. +195 м. Его верхняя часть образует единое пространство с карьером «Мурунтау» с поверхности до гор. +270 м. Ниже этого горизонта отработку месторождений ведут независимыми зонами со своими схемами вскрытия.

Выезд из карьера «Мурунтау» в восточной части, начиная с гор. +375 м, проходит по северному борту участка карьера «Мютенбай» (гор. +405, +435 м) с выходом на поверхность на гор. +480 м.

Для звезда на площадку дробильно-погрузочного пункта (ДПП) наклонного конвейера ЦПТ на гор. +405 м по южному борту карьера «Мурунтау» от съезда с гор. +315 м создают съезды на горизонты +345, +375 и +405 м. По западному борту участка Мютенбай создают съезды на горизонтах +420,

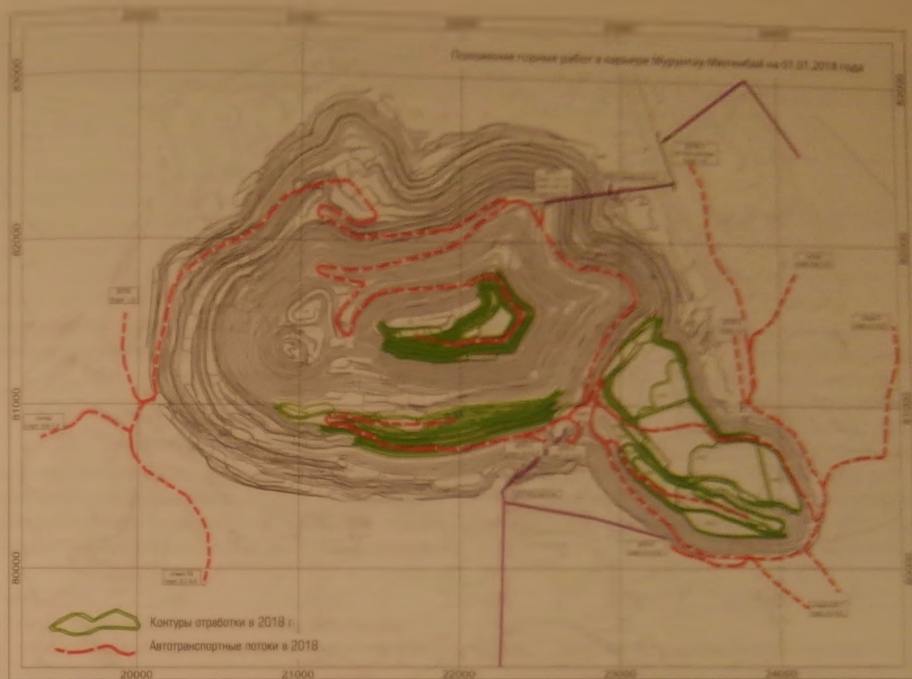


Рис. 1. Транспортная схема на 2018 г.

+450 и +480 м для выезда на земную поверхность и на гор +300 +390 м для транспортирования горной массы с участка Мютенбай на ДПП ЦПТ.

Схема вскрытия карьера принята туликовыми съездами с выездными траншеями, расположенными на северо-востоке западе и юго-востоке, через участок Мютенбай.

Действующий на юго-восточном борту наклонный конвейер ЦПТ от поверхности до гор +405 м предназначен для транспор-

тирования пустых вагонет из зон 3, 4 юго-восточной зоны и с участка Мютенбай на конвейер ЦПТ на поверхность.

Участок Мютенбай вскрывают двумя выходящими траншеями (первая расположена в северной части месторождения – от отв. –465 м до отв. –300 м, вторая – на западном борту участка – от отв. –480 м до отв. –300 м). Связь этих участков на гор +300 м и далее – склоновыми съездами до зна. +195 м).

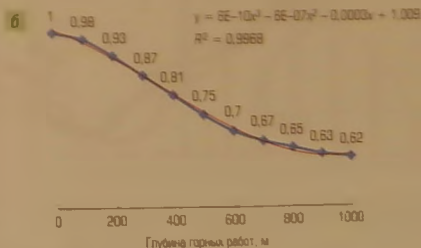
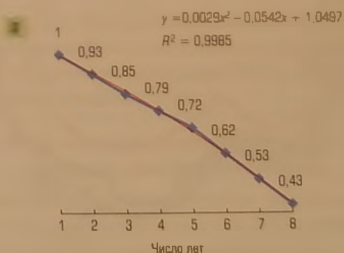
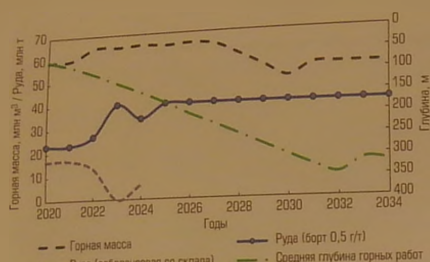


Рис. 2. Зависимость коэффициентов снижения производительности автотранспорта от продолжительности эксплуатации K_{sp} (а) и увеличения глубины горных работ K_g (б)



На карьере «Мурдунтау–Митенбай» применяют ЦПТ транспортирования горной массы.

Перевозка горной массы внутри карьера до погрузочных узлов концентрационных горизонтов (от поверхности до гор. +285 м для руды и до гор. +405 м — для породы) и с верхних горизонтов на поверхность осуществляют автотранспортом.

Руду с гор. +285 м доставляют КНК-270 до погрузочно-складского комплекса, расположенного на восточном борту карьера (ВППК-3), с последующей перевозкой руды железнодорожным транспортом до ГМЗ-2.

Рис. 3. График отработки (товарная руда) карьера по бортовому содержанию золота 0,5 г/т с четырьмя ограничениями расчета предельного контура по поверхности

Вскрышные породы по наклонному конвейеру с ДПП, расположенными на юго-восточном борту карьера (ЦПТ Ю-В) доставляют на поверхность, далее по магистральному конвейеру — до внешних отвалов и с применением шагающего отвалообразователя ОШС-4000/125 складируют в отвалы.

На западном борту карьера расположены ЗППК для погрузки руды в железнодорожный транспорт. На рис. 1 приведена транспортная схема на 2018 г. В 2019 г. расположение всех погрузочных пунктов, складов и отвалов сохранится.

Исходные данные для расчета количества автотранспорта

Для транспортирования горной массы рассмотрен карьерный самосвал БЕЛАЗ-75303 грузоподъемностью 200 т. Расчет необходимого числа самосвалов выполнен при погрузке горной массы экскаватором ЭКГ-18. Количество рабочего времени автотран-



Рис. 4. Транспортная схема на период 2020–2033 гг.

Таблица 1. Средние расстояния транспортирования на горизонтах по зонам и этапам, м

Зона	Этап								
	1	4	8	12	16	20	24	28	32
1 (запад)	1000	600	450	200	125	—	—	—	—
2 (восток)	230	100	250	150	125	—	—	—	—
3 (юг)	800	750	600	750	750	200	—	—	—
4 (центр)	100	250	100	500	500	650	500	350	230
5 (север)	1200	1200	1000	750	660	—	1000	—	—
6 (Мютенбай)	700	1050	1000	300	200	200	200	—	—
7 (восток-восток)	—	—	—	—	460	290	114	—	—

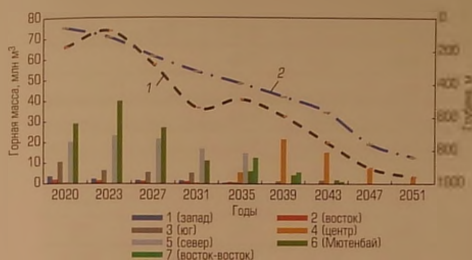


Рис. 5. Объем горной массы (1) и средневзвешенное значение глубины горных работ (2) по технологическим зонам отработки

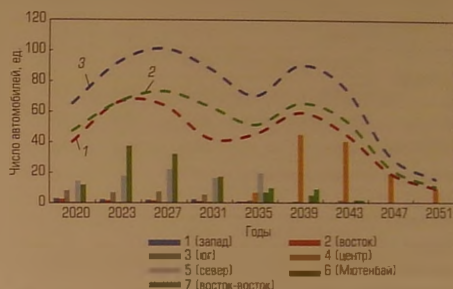


Рис. 6. Расчетное число автомобилей по зонам на 1-й, 3-й и 6-й года эксплуатации (соответственно 1, 2, 3)

спорта с учетом времени на взрывные работы (9 дн/год) составляет 356 дн/год или 713 смея/год.

Производительность КНК-270 составляет 6,9 млн м³, а ЦПТ-порода при работе трех ДПП равна 12 млн м³/год.

Расчет расстояния транспортирования горной массы в карьере до поверхности выполняли с учетом уклона автодорог и наличия пологих участков длиной 50 м через 600 м подъема; доставка горной массы осуществляется на горизонты, на которых расположены ДПП ЦПТ (КНК — 285 м, наклонный конвейер ЦПТ на юго-восточном борту — 405 м и выезды из карьера на земную на поверхность (карьер «Мурунтау» — 555 м и участок Мютенбай — 510 м).

Корректировку производительности и парка горнотранспортных машин осуществляли с учетом изменения возрастной структуры парка и увеличения глубины горных работ по регрессионным зависимостям, приведенным на рис. 2

Расчет количества автотранспорта в период переходного этапа развития V очереди

В алгоритме расчета учтены следующие технологические зоны, из которых руда перемещается до КНК, ЦПТ и на поверхность:

- 1 (запад) — на западном борту карьера;
- 2 (восток) — на восточном борту карьера;
- 3 (юг) — на южном борту карьера;

• 4 (центр) — компактная зона в центре карьера, формирующаяся ниже гор. +120 м;

• 5 (север) — на северном борту карьера;

• 6 (Мютенбай) — на участке месторождения Мютенбай;

• 7 (восток-восток) — на восточном борту за пределами контура карьера.

Расчет количества горнотранспортного оборудования на основе сложившейся транспортной схемы и с учетом ее корректиров-

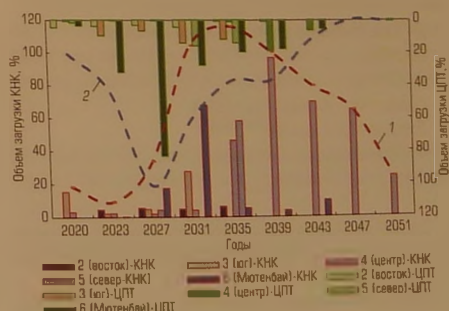


Рис. 7. Загрузка КНК (1) и ЦПТ (2)

Таблица 2. Расчетная годовая производительность (тыс. т) и расчетный годовой пробег (тыс. км) автомобилей по зонам и сроке эксплуатации 1 год

Зона		год								
		2020 (этап 1)	2023 (этап 4)	2027 (этап 8)	2031 (этап 12)	2035 (этап 16)	2039 (этап 20)	2043 (этап 24)	2047 (этап 28)	2051 (этап 32)
1 (запад)	Производительность	3879	3067	2870	2130	1923				5563
	Пробег	55,5	56,3	63,1	62,5	69,7				62,3
2 (восток)	Производительность	2731	3128	2909	3695	3090				
	Пробег	75,6	59,7	62,2	63,9	51,2				
3 (юг)	Производительность	3698	3462	3745	2932	1579	4365	2946		
	Пробег	51,8	71,4	91,4	58,6	80	58,2	61		
4 (центр)	Производительность	2426	2274	2218	2317	2277	1518	1366	1140	877
	Пробег	57,6	56,2	55,3	57,9	55,2	71,7	84,6	66,4	63,3
5 (север)	Производительность	4605	3763	3133	3244	2432		3740		
	Пробег	62,5	53,4	64,4	90,1	66,4		59,8		
6 (Мютенбай)	Производительность	3999	3033	2925	4250	2766	3212	3403		
	Пробег	44,5	53,3	65,7	51,9	54,7	64,9	56,6		
7 (восток-восток)	Производительность	0	0	0	0	4181	2605	1988		
	Пробег	0	0	0	0	63,6	60,9	62,9		
Итого	Производительность	4082	3301	3079	3460	2990	2036	1752	1140	1082
	Пробег	347,4	350,4	402,1	384,9	440,9	255,7	325	66,4	125,6

ки при разное бортов (зона 6) выполнен на основе погоризонтных планов отработки совмещенного карьера «Мурунтау–Мютенбай» (рис. 3)

Объемы транспортирования руды и породы в период с 2020 по 2051 г. рассчитывали по зонам и горизонтам отработки по этапам через 4 года. На рис. 4 приведена скорректированная транспортная схема на период 2020–2033 гг.

При превышении отметки обрабатываемого горизонта над уровнем расположения КНК и ЦПТ горная масса перемещается на поверхность, и далее – в соответствии с усредненными значениями длины участков транспортирования на поверхности, м, которые приведены ниже

До отвалов (среднее значение запад и восток)	908
До ЗППК	588
До ВППК-3	1205
Склады (№ 7 и запад), сорт 0,6–1	748
Звезд на КНК в карьере	166
До отвалов карьера «Мютенбай»	766
Звезд на гор. + 405 (L _{ср.цп}) по ЦПТ-порода	411

Средние расстояния транспортирования с рабочих горизонтов по зонам и этапам (годам) в соответствии со схемой транспорта приведены в табл. 1

Время рейса самосвала при расстоянии транспортирования $L_{\text{т}}$ $T_0 = t_{\text{пер}} + t_{\text{за}} + t_{\text{разг}} + t_{\text{доп}}$ мин, где $t_{\text{пер}}$ – продолжительность экскаваторной погрузки самосвала, $t_{\text{пер}} = L_{\text{т}} \cdot k_{\text{см}} / v_{\text{р}}$

$= V_{\text{с}} / (E_{\text{с}} K_{\text{с}})$ – число ковшей, разгружаемых в кузов самосвала; $t_{\text{за}}$ – продолжительность цикла, с; $t_{\text{разг}}$ – время движения самосвала в обоих направлениях между конечными пунктами; $t_{\text{доп}}$ – время разгрузки самосвала, равное 1 мин [2, 3]; $t_{\text{доп}}$ – время на маневры и ожидания за рейс при расстоянии транспортирования, $t_{\text{доп}} = 2$ мин; число рейсов автомобиля в смену: $n_{\text{р}} = T_{\text{см}} k_{\text{см}} / T_{\text{р}}$, где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены; $k_{\text{см}}$ – коэффициент использования сменного времени, $k_{\text{см}} = 0,8$.

В укрупненных расчетах параметр $t_{\text{доп}}$ определяли с учетом ограничения скорости $v_{\text{р}}$ [2] до 15 км/ч при движении груженых автомобилей по временным дорогам в забое и $v_{\text{пер}}$ до 30 км/ч – при

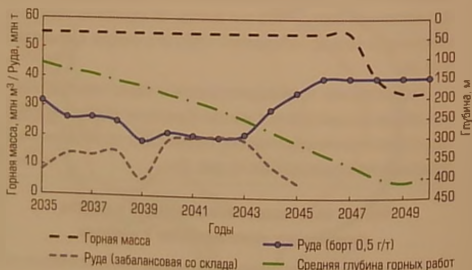


Рис. 8. График отработки (товарная руда) карьера по бортовому содержанию золота 0,5 г/т с двумя ограничениями расчета предельного контура по поверхности

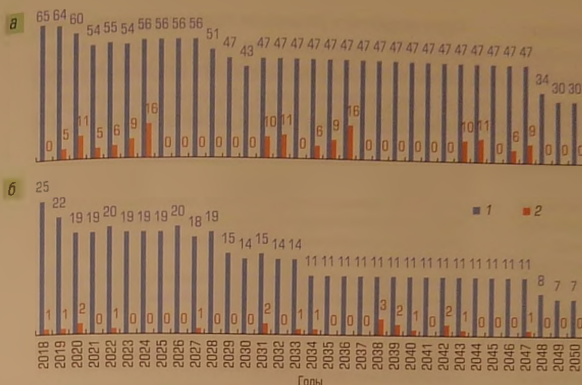


Рис. 9. Расчетное (1) и приобретаемое (2) количество карьерных самосвалов БЕЛАЗ-75303 (а) и экскаваторов ЗКГ-18 (б)

на зависимость расчетной годовой производительности автомобилей на 1-м этапе переходного периода от IV к V очереди на период, или с 2020 по 2034 г. (с 1-го по 32-й этап).

$$P = 23,14T^2 - 354,38T + 4393,93$$

$$\text{при } 0 \leq T \leq 13;$$

$$P = 6,5432T^2 - 431,8581T + 8186,3598$$

$$\text{при } 14 \leq T \leq 32.$$

Расчет парка автотранспорта и экскаваторов

Календарный график построен на основе сочетания двух графиков, в которых введены ограничения: отработка запасов месторождений Мурунтау–Мютенбай с четырьмя ограничениями расчета предельного контура по поверхности в районе КНК-270, ЦПТ, ППК-1 и шахты М с 2020 до 2033 г. (см. рис. 3); с двумя ограничениями в районе ППК-1, Шахты М с 2034 до 2050 г. (рис. 8).

Следует отметить, что в переходный период, связанный с возрастанием объема вскрышных пород, будет наблюдаться недостача балансовой руды до требуемого объема (40 млн т), в связи с чем потребуется вовлечение в переработку запасов забалансовых руд со складов и из текущей добычи.

С учетом ВНП 35-86 (п. 14.7) рассчитана средняя годовая производительность автомобилей по маркам на 1-й год эксплуатации по усредненным данным календарного графика отработки, средней глубины горных работ 200 м и среднем расстоянии транспортирования 3 км, составившая для автомобилей БЕЛАЗ-75131 грузоподъемностью 136 т – 2700 тыс. т в год, БЕЛАЗ-75307 грузоподъемностью 220 т – 4000 тыс. т в год, БЕЛАЗ-75303 грузоподъемностью 200 т – 3800 тыс. т в год.

Для расчета парка погрузочного оборудования определена расчетная производительность действующих на предприятии экскаваторов ЗКГ-10 – 1,98 млн м³ в год; ЗКГ-15 – 2,41 млн м³ в год и перспективного ЗКГ-18 – 3,89 млн м³/год. Данные расчета количества карьерных самосвалов БЕЛАЗ-75303 и экскаваторов ЗКГ-18 с учетом замены действующего оборудования приведены на рис. 9.

Заключение

Таким образом, расчеты количества карьерных самосвалов и экскаваторов, выполненные с достаточной достоверностью и многофакторной оценкой, позволяют планировать перемещение руды и вскрышных пород с учетом действующих конвейерных линий ЦПТ из объединенного карьера «Мурунтау–Мютенбай» на период до 2030 г. При этом учтено, что с 2029 по 2040 г. на западном борту карьера начнет действовать наклонный ствол с конвейерным транспортом в направлении ГМЗ-2, а на восточном направлении будет осуществлен демонтаж КНК-270 и ДПП-3500.

движении на спуске (порожняком) более 50 % (уклон автодороги карьера – 60 %). Приняв $L_{\text{пер}} = L_{\text{пер}}$, рассчитали среднюю приведенную техническую скорость $V_{\text{ср.т}}$ и время движения $t_{\text{дв.}}$:

$$V_{\text{ср.т}} = \frac{L_{\text{в}} + L_{\text{сп}}}{t_{\text{сп}}} = \frac{2V_{\text{в}}V_{\text{сп}}}{V_{\text{в}} + V_{\text{сп}}} = 20.$$

Расстояние транспортирования $L_{\text{тр}}$ руды и породы по карьеру до горизонтов расположения КНК, ЦПТ или поверхности при принятом уклоне автодороги 80 % определяли с учетом приведенных выше усредненных значений длины участков транспортирования на поверхности и средних расстояний перемещения на горизонте (см. табл. 1).

Сменную производительность автомобиля, по которой определяли рабочий парк, определяли по формуле $Q_{\text{см}} = q_k k_{\text{г}} q_{\text{в}}$, где $q_{\text{в}} = V_{\text{в}}$ – грузоподъемность самосвала, т; $k_{\text{г}}$ – коэффициент использования грузоподъемности для скальных руд и пород, равный 0,95 [3].

В расчете учитывали средневзвешенное значение глубины горных работ по годам отработки для определения коэффициента увеличения глубины $K_{\text{г}}$ горных работ и продолжительность эксплуатации $T_{\text{г}}$ для определения коэффициента снижения производительности оборудования $K_{\text{об}}$ по зависимости (см. рис. 2), а также число ДПП на ЦПТ (юго-восток) – варианты с двумя и тремя ДПП.

Также были определены средние расстояния транспортирования (км/смену); объем загрузки КНК и ЦПТ (%) и число автомобилей по зонам.

Изменение объемов горной массы, перевозимой из карьера, по расчетным этапам и средневзвешенное значение глубины горных работ показано на рис. 5. На рис. 6 приведены зависимости числа автомобилей БЕЛАЗ-75303 грузоподъемностью 200 т от средневзвешенного значения глубины горных работ и рассчитанных расстояний транспортирования на первый год эксплуатации, а также на третий и шестой. На рис. 7 показана загрузка КНК и ЦПТ по зонам (гистограммы) и суммарная по годам.

Эксплуатационные характеристики автотранспорта

В табл. 2 приведены расчеты средней годовой производительности и годового пробега автомобилей, по которым постро-

При оценке количества горнотранспортного оборудования в переходный период развития карьера «Мурунтау–Мютенбай» от IV к V очереди за основу были приняты концептуальные положения проекта «Отработка карьера Мурунтау. V очередь» в 2015 г.

Библиографический список

1. Холкулова Ш. Б. История и будущее горной промышленности (на примере Навоийской области) // Молодой ученый. 2017. № 10. С. 359–361.
2. Fang N., Ji C., Cruise G. E. Stability analysis of the sliding process of the west slope in Buzhaoba Open-Pit Mine // International Journal of Mining Science and Technology. 2016. Vol. 26. Iss. 5. P. 869–875.
3. Raupova O., Kamahara H., Goto N. Assessment of physical economy through economy-wide material flow analysis in developing Uzbekistan // Resources, Conservation and Recycling. 2014. Vol. 89. P. 76–85.
4. Braun T., Hennig A., Lottermoser B. G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry // Journal of Sustainable Mining. 2017. Vol. 16. Iss. 1. P. 24–30.
5. Nehring M., Knights P. F., Kizi M. S., Hay E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. Iss. 2. P. 205–214.
6. de los Reyes J. A. Mining shareholder value: Institutional shareholders, transnational corporations and the geography of gold mining // Geoforum. 2017. Vol. 84. P. 251–264.

«GORNYI JURNAL», 2018, № 9, pp. 90–96
DOI: 10.17580/gjn.2018.09.05

Evaluation of mining and transport equipment fleet for phase IV–V transition at Muruntau–Myutenbai open pit mine

Information about authors

A. F. Ravshanov¹, Chief Engineer of the Central Mine Management
A. A. Silkin², Head of the Research Laboratory, Silkin.A.A@yandex.ru
A. V. Seleznev², Head of Research Department

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

² VNIIPromtehnologii, Moscow, Russia

Abstract

Developed in 2015, the long-term strategy for the Muruntau and Myutenbai deposits, with validation of quality standards and re-appraisal of the reserves in 2016, provides stage-wise advance of mining. The initial stage operations are to be carried out within the limits of phase IV (up to 2019). Then goes a transition period for completing extraction of phase IV reserves (2020–2028) and continuing expansion of the open pit mine within the limits governed by preservation of the available surface infrastructure and cyclical and continuous method conveyors (2020–2034) in order to ensure construction of an inclined shaft with conveyor lines from the northwest pit wall Muruntau to Hydrometallurgical Works 2 (2033–2039) and with regard to ultimate limits reached by the pit wall berches (by 2036–2037). Later on, between 2035 and 2050, mining will be implemented within the limits of phase V.

Meanwhile the required mining and transport equipment is to be reliably estimated with regard to available conveyor systems involved in the cyclical and continuous technology. The calculations of the number of dump trucks and shovels, accomplished with sufficient accuracy and multi-factor analysis, allow planning overburden and ore haulage with respect to the operating conveyor lines of the cyclical and continuous technology at the joint Muruntau–Myutenbai open pit mine for a period up to 2042. It is also taken into account that starting from 2019–2042, the inclined conveying shaft towards Hydrometallurgical Works 1 will start operation on the western pit wall while the eastward high angle conveyor (KXK 270) and the crushing-and-loading point (DPP-3500) will be dismantled.

После разработки и утверждения технико-экономических обоснований (ТЭО) скорректированного проекта по карьеру «Мурунтау» оценка количества горнотранспортного оборудования в переходный период развития карьера «Мурунтау–Мютенбай» от IV к V очереди будет уточнена с учетом рекомендаций ТЭО.

7. Фазилова Э. М. Особенности глубоких горизонтов золоторудных месторождений Нурата-Зарафшанского горнорудного района // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: сб. матер. II Всероссийской молодежной геологической конф. – Уфа, 2014. С. 104–113.
8. Шеметов П. А., Насиров У. Ф., Очлов Ш. А. Анализ технологической схемы развития горных работ на карьере «Мурунтау» // Известия вузов. Горный журнал. 2015. № 1. С. 23–27.
9. Трубетский К. Н., Жариков И. Ф., Шендеров А. И. Совершенствование циклично-поточной технологии при комплексном освоении месторождений // Маркшейдерия и недропользование. 2014. № 3. С. 22–31.
10. Чебан А. Ю. Добычный комплекс для открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 3. С. 8–11.
11. Иудосhev У. У. V очередь развития карьера «Мурунтау» Навоийского ГМК // Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития: VIII Междунар. науч.-техн. конф. – Навои, 2015. С. 87–88.
12. Иудосhev У. У. Развитие глубокого карьера Мурунтау в новых границах V очереди // Горный вестник Узбекистана. 2016. № 1(64). С. 22–25. 

Keywords: Muruntau–Myutenbai open pit mine, stage-wise mining advance, mining and transport equipment.

References

1. Kholikulova Sh. B. History and future of mining industry (in terms of the Navoi Region). Young Scientist. 2017. No. 10. pp. 359–361.
2. Fang N., Ji C., Cruise G. E. Stability analysis of the sliding process of the west slope in Buzhaoba Open-Pit Mine. International Journal of Mining Science and Technology. 2016. Vol. 26, Iss. 5. pp. 869–875.
3. Raupova O., Kamahara H., Goto N. Assessment of physical economy through economy-wide material flow analysis in developing Uzbekistan. Resources, Conservation and Recycling. 2014. Vol. 89. pp. 76–85.
4. Braun T., Hennig A., Lottermoser B. G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry. Journal of Sustainable Mining. 2017. Vol. 16, Iss. 1. pp. 24–30.
5. Nehring M., Knights P. F., Kizi M. S., Hay E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems. International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28, Iss. 2. pp. 205–214.
6. de los Reyes J. A. Mining shareholder value: Institutional shareholders, transnational corporations and the geography of gold mining. Geoforum. 2017. Vol. 84. pp. 251–264.
7. Fazilova E. M. Features of deep horizons at gold deposits of the Nurata-Zarafshan ore province. Geology, Geoecology and Resource Potential in the Ural and Adjacent Territory: II All-Russia Youth's Geological Conference Proceedings. Ufa: DiziainPoligrafiyaServis, 2014. pp. 104–113.
8. Shemetov P. A., Nasirov U. F., Ochlov Sh. A. Analysis of the technological scheme of development of mining in "Muruntau" open pit. Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal. 2015. No. 1. pp. 23–27.
9. Trubetskiy K. N., Zhankov I. F., Shenderov A. I. Cyclical-and-continuous method perfection at complex mastering of deposits. Marksheideriya i nedropolzovanie. 2014. No. 3. pp. 22–31.
10. Cheban A. Yu. Production complex for open-cast mining of solid minerals. Mining Equipment and Electromechanics. 2017. No. 3. pp. 8–11.
11. Iudoshv U. U. Muruntau open pit mining phase V at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat. Mining and Metallurgy – Achievements, Problems and Current Development Trends. VIII International Scientific–Technical Conference Proceedings. Navoi, 2015. pp. 87–88.
12. Iudoshv U. U. Expansion of deep open pit mine Muruntau in new limits of phase V. Gornyy vestnik Uzbekistana. 2016. No. 1(64). pp. 22–25.

УДК 620.169.1:622.682

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА СТЫКОВКИ РЕЗИНОТРОСОВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ



Л. Н. АТАКУЛОВ,
доцент, канд. техн. наук,
info@ndki.uz



С. К. КАХАРОВ,
доцент,
канд. техн. наук



Ш. Б. ХАЙДАРОВ,
старший
преподаватель

Навсийский государственный горный институт, Навои, Узбекистан

Введение

Характерным проявлением научно-технического прогресса на горных предприятиях стал переход на использование оборудования непрерывного действия [1]. На карьерах это выразилось в расширении области применения конвейерного транспорта в составе однородных или комбинированных технологических схем [2–4]. На совершенствование конструкции конвейеров и повышение надежности их работы направлены усилия заводов-изготовителей, проектных и научно-исследовательских организаций. Особое внимание при этом уделяется главному элементу конвейеров – ленте, особенно резинотросовой [5–17].

У ленточных конвейеров повышенной производительности, работающих на горнодобывающих предприятиях, часто случаются внеплановые остановки, связанные с аварийным разрушением ленты. В процессе эксплуатации на поверхности ленты возникают повреждения в виде порывов, трещин, приводящие ее в негодность.

Паспортная долговечность конвейерных лент, рассчитанная при проектировании и изготовлении, указывается производителем. Для определения реального срока службы ленты, эксплуатируемой в тяжелых специфических условиях горнодобывающих предприятий, необходимы специальные исследования, так как на эксплуатационную долговечность резинотросовых лент влияет огромное число факторов [4]. К ним относятся, в частности: длина конвейера и скорость движения ленты, определяющие истирание ленты транспортируемым грузом; материал основы ленты; толщина и свойства резины и обкладок, которые должны соответствовать характеру транспортируемого груза; условия монтажных работ (тщательность монтажа става, правильность соединения концов ленты, устройство и оборудование погрузочных и перегрузочных пунктов и др.); условия эксплуатации (влияние климатических факторов, своевременность осмотра и ремонта ленты, правильность подбора футеровки приводных барабанов и др.).

Расчетным и экспериментальным путем доказано преимущество предложенного метода стыковки конвейерных лент

Ключевые слова: резинотросовые конвейерные ленты, стыковочные места, методы стыковки, предел прочности, свивка тросов, срок службы ленты.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.16

Практика показала, что наименее надежными частями замкнутого контура конвейерной ленты являются стыковочные места, качество которых в основном зависит от способа соединения элементов ленты. В данной статье предлагается новый и более эффективный по сравнению с применяемым ныне способ такого соединения.

Сущность и экспериментальное обоснование предлагаемого способа стыковки резинотросовых конвейерных лент

При стыковке элементов резинотросовой ленты свивка тросов может осуществляться по следующим схемам (рис. 1). В одну, две, три и четыре ступени. С увеличением числа ступеней в стыке его жесткость уменьшается, при этом длина стыка и трудоемкость его изготовления возрастают [3].

Показатели надежности метода стыка можно улучшить, если при укладке тросов их сплести между собой по разработанной авторами статьи схеме.

Предложенный метод стыковки резинотросовых лент состоит из следующих операций: отделение троса от резины; раскрутка тросов на пряди; сплетение тросов по разработанной схеме (рис. 2); удаление избыточных элементов троса, вулканизация ленты.

Перед имеющимися аналогами стыковки резинотросовых лент предлагаемый вариант имеет существенное преимущество – места стыковки тросов по диаметру идентичны с заводскими параметрами, что позволяет избежать образований на ленте бугорков и выемок, способствующих равномерному набегаанию ленты на барабаны, не вызывая при этом вибрации и предварительного износа ленты. Применение данного метода в разы увеличивает прочность стыковочных мест и позволяет отказаться от дополнительных, затратных операций, связанных с обвязкой тросов вязальной проволокой.

Для определения прочностных показателей стыковки проведены эксперименты на разрыв тросов диаметром 11,2 мм, соединенных различными способами, в том числе и предлагаемым. Исследования проводили с помощью разрывной машины Р-50

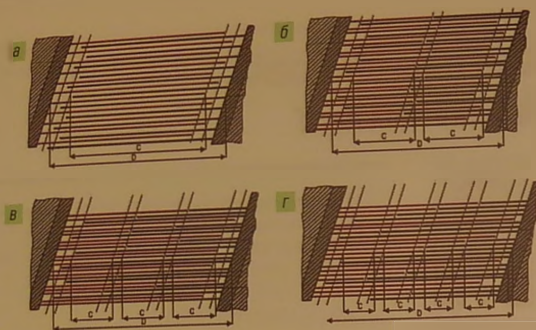


Рис. 1. Схемы соединения резинотросовых лент:
 а – одноступенчатое;
 б – двухступенчатое;
 в – трехступенчатое;
 г – четырехступенчатое

со следующими техническими возможностями: натяжение – до 50 т, длина натяга – до 10 м.

Результаты испытаний на разрыв образцов троса с разработанным вариантом свивки и цельным тросом показали, что при сплетении тросов по предлагаемой схеме достигается эффект, при котором разрывное усилие стыка составляет 70 % предела прочности на разрыв цельного заводского троса (49 и 70 тыс. Н соответственно).

Следующим шагом испытаний стало тестирование на разрыв образцов резинотросовой ленты 2000St-5400, состыкованной по существующему и предлагаемому методам. Ширина образцов ленты составляла 500 мм, число тросов диаметром 11,2 мм в ленте – 27 шт.

В местах стыковки ленты по существующему методу тросы направлены навстречу друг другу и не сплетаются между собой (рис. 3). В предлагаемом варианте, встречные тросы переплетены в единый.

В ходе проделанного эксперимента на прочность ленты с образцом стыковки ее по существующему методу при усилии в 24 т, на ленте образовались трещины, при увеличении нагрузки до 27 т произошел полный разрыв образца (по длине).

При аналогичных испытаниях стыка по разработанному методу с достижением максимально возможной нагрузки машины Р-50 в 50 т, трещин и других дефектов на ленте обнаружено не было. Получить же более точные прочностные показатели предлагаемого метода стыковки ленты не удалось в связи с отсутствием более мощного оборудования.

При сравнении рассмотренных методов стыковки ленты можно сделать вывод, что предел прочности на разрыв ленты с предлагаемым методом стыковки как минимум в 2–2,2 раза выше такового же показателя у образца ленты, застыкованной по существующему методу. В связи с этим предполагается, что разработанный авторами метод сцепки тросов не только уменьшит риск обрыва ленты в местах стыковки, но и сэкономит время и дене-

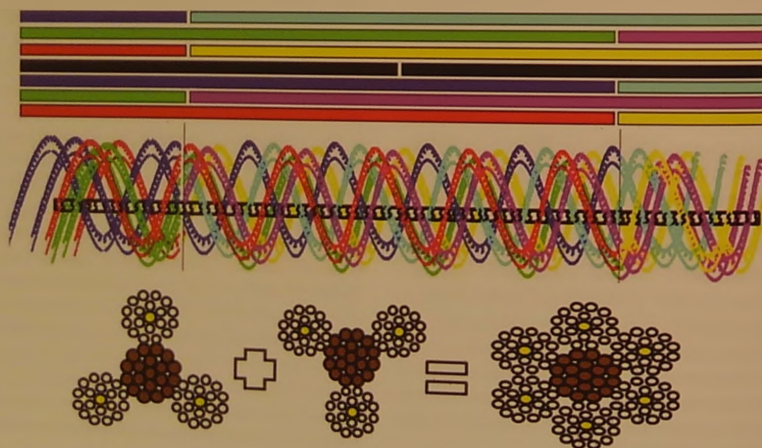


Рис. 2. Предлагаемая схема свивки тросов

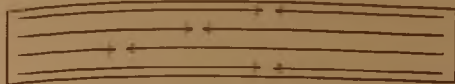


Рис. 3. Схема расположения тросов в местах стыковки ленты существующего метода

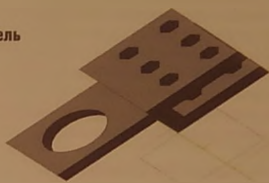


Рис. 4. Держатель ленты

ные средства предприятия за счет сокращения аварийных простоев конвейерной линии.

Немаловажным является и вопрос срока службы стыковочных мест конвейерной ленты. По расчетам институтов «Гипрони-

кель» и «УкрНИИпроект», срок службы цельнокроенной (без стыков) резиновой ленты при транспортировании рядовой горной массы составляет в среднем 5–6 лет [18, 4]. Если учесть, как установлено экспериментально, что разрывное усилие у ленты с тросовым соединением по предложенному методу достигает 70 % такого у цельного троса, то лента с таким стыком прослужит 3,5–4 года. При таком же подходе по отношению к обычно применяемому методу стыковки (разрывное усилие вдвое ниже) этот срок снижается примерно до 2 лет.

Заключение

Таким образом, с использованием разработанного метода улучшаются прочностные характеристики стыков, снижается риск обрыва ленты в стыковочных местах, уменьшаются простои высокопроизводительной конвейерной установки. В свою очередь, это положительно сказывается на экономии времени и денежных средств при ремонте, приобретении новой ленты и клеящих материалов, а также от реализации дополнительно доставленного полезного ископаемого.

Библиографический список

1. Трубецкой К. Н. Наука и горная промышленность // Горный журнал. 2015. № 7. С. 19–23. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.03
2. Ильин С. А., Коваленко В. С., Постихин Д. В. Повышение экономической эффективности открытых горных работ // Горный журнал. 2012. № 6. С. 56–65.
3. Галин В. И., Шешко Е. Е. Ленточные конвейеры на современном этапе развития горной техники // Горный журнал. 2017. № 9. С. 85–90. DOI: 10.17580/gzh.2017.09.15
4. Дмитриев В. Г., Вержанский А. П. Основы теории ленточных конвейеров. — М.: Горная книга, 2017. — 592 с.
5. Демина Г. А. Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития технологий производства конвейерных лент в России // Горная промышленность. 2012. № 6. С. 80.
6. Давыдов С. Я. Новые решения по использованию лент общепромышленного назначения для перемещения насыпных материалов // Известия Уральского государственного горного университета. 2013. № 4(32). С. 59–71.
7. Коенова Ю. И., Мясин А. В. Зарубежные исследования характеристик конвейерных лент с использованием наноматериалов // Подъемно-транспортное дело. 2014. № 3 (477). С. 29–33.
8. Ипатов И., Новожилков О., Рыбкин В., Леус Д., Шлякин А. Дефектоскопия резино-тросовых конвейерных лент при экспертизе промышленной безопасности // Технадзор. 2016. № 2. С. 112–113.
9. Акашев З. Т., Акашев А. З., Балабаш О. Т., Косбармаков С. Ж. Разработка спосо-
- ба выравнивания максимальных деформаций в поперечных сечениях конвейерных лент // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 5-2. С. 197–200.
10. Kissel B. New energy-saving conveyor belts being standardized // Coal & Minerals Asia. 2012. Vol. 25. P. 102–103.
11. Munzberger P., Wheeler C. Laboratory measurement of the indentation rolling resistance of conveyor belts // Measurement. 2016. Vol. 94. P. 909–918.
12. Braun T., Hennig A., Lottermoser B. G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry // Journal of Sustainable Mining. 2017. Vol. 16. Iss. 1. P. 24–30.
13. Phoenixcord. Steel Cord Conveyor Belt / Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. URL: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/products/steel-cord/phoenixcord-history/phoenixcord-history_en.html (дата обращения: 19.04.2018).
14. Polyflex. Textile Conveyor Belt / Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. URL: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/products/textile/polyflex/polyflex_en.html (дата обращения: 19.04.2018).
15. Liu X., Pang X., Lodewijks G., He D. Experimental research on condition monitoring of belt conveyor idlers // Measurement. 2018. Vol. 127. P. 277–282.
16. He D., Pang X., Lodewijks G., Liu X. Healthy speed control of belt conveyors on conveying bulk materials // Powder Technology. 2018. Vol. 327. P. 408–419.
17. Галин В. И., Шешко Е. Е. Транспортные машины. — М.: Горная книга, 2010. — 588 с.
18. Шахмистер П. Г., Дмитриев В. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. — М.: Машиностроение, 1978. — 392 с.

«GORMYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 97–100
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.16

Selection of optimal jointing method for rubber conveyor belts

Information about authors

L. N. Atakulov, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, info@nuz.uz
S. K. Kakharov, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences
Sh. B. Khaidarov, Senior Lecturer

¹ Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan

Abstract

Practice of rubber conveyor belts at mines shows that the least reliable points in the closed loop of a belt are its joints. Usually, available methods of jointing two belts involve lapped joint without twisting. Such joints serve for round 2 years without repair.

Aiming to increase operational reliability and extend life of belt joints, the authors of this article offer an improved method of belt jointing by means of untwisting of meeting threads and, then, their intertwisting by a dedicated scheme.

In order to analyze strength of joints in the current and newly proposed methods, the specimens of jointed belts were subjected to tension up to 50 t on a special testing machine. It is found that the belt joints by the proposed method bear twice as high breaking load as against the joint by

The introduction of the proposed jointing method for rubber belts will enable reduction in conveying operating cost, raise productive capacity of conveyors and increase volumes of conveyed rock mass.

Keywords: rubber conveyor belts, jointing points, jointing methods, ultimate strength, twist joint, belt life

References

1. Trubetskiy K. N. Science and mining industry. *Gornyi Zhurnal*. 2015. No. 7. pp. 19–23. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.03
2. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Paskikh D. V. Increasing of economic efficiency of open-cast. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 6. pp. 56–65.
3. Galkin V. I., Sheshko E. E. Belt conveyors at the current stage of development in mining machinery. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 9. pp. 85–90. DOI: 10.17580/gzh.2017.09.15
4. Dmitriev V. G., Verzhansky A. P. Foundations of the Theory of Belt Conveyors. Moscow: Gornaya kniga, 2017. 592 p.
5. Derzina G. A. International Scientific-Practical Conference on Modern Development Trends in Technologies of Conveyor Belts in Russia. *Gornaya promyshlennost*. 2012. No. 6. p. 80.
6. Darydov S. Ya. New solutions of the use of industrial tapes for transportation of loose materials. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2013. No. 4(32). pp. 59–71.
7. Kozmenko Y. I., Maslyagin A. V. Foreign research on conveyor belt characteristics, produced with the use of nanomaterials. *Polymerotransportnoye delo*. 2014. No. 3-4(77). pp. 29–33.
8. Ipatov I., Novozhilov O., Ryabiy V., Leus D., Shpykan A. Defect detection in rubber conveyor belts

- during production safety evaluation. *Tekhnadzor*. 2016. No. 2. pp. 112–113.
9. Akashev Z. T., Akashev A. Z., Balabaev O. T., Kosbarmakov S. Zh. Development of alignment method: the maximum deformation in the cross sections of conveyor belts. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnoy i fundamentalnoy fiziko-matematicheskoy nauki*. 2017. No. 5-2. pp. 151–206.
10. Kusel B. New energy-saving conveyor belts being standardized. *Coal & Minerals Asia*. 2012. Vol. 25. pp. 102–103.
11. Munzenberger P., Wheeler C. Laboratory measurement of the indentation rolling resistance of conveyor belts. *Measurement*. 2016. Vol. 94. pp. 909–918.
12. Braun T., Henning A., Lottemoser B. G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry. *Journal of Sustainable Mining*. 2017. Vol. 16, Iss. 1. pp. 24–30.
13. Phenocord. Steel Cord Conveyor Belt. Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. Available at: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/products/steel-cord/phenocord-history/phenocord-history_en.html (accessed: 19.04.2018).
14. Polyflex. Textile Conveyor Belt. Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. Available at: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/products/textile/polyflex/polyflex_en.html (accessed: 19.04.2018).
15. Liu X., Pang Y., Lodewijks G., He D. Experimental research on condition monitoring of belt conveyor idlers. *Measurement*. 2018. Vol. 127. pp. 277–282.
16. He D., Pang Y., Lodewijks G., Liu X. Healthy speed control of belt conveyors on conveying bulk materials. *Powder Technology*. 2018. Vol. 327. pp. 408–419.
17. Galkin V. I., Sheshko E. E. Transport Machines. Moscow: Gornaya kniga, 2010. 588 p.
18. Shakhmeister L. G., Dmitriev V. G. Theory and Design of Belt Conveyors. Moscow: Mashinostroenie, 1978. 392 p.



СТРУКОВУ КОНСТАНТИНУ ИВАНОВИЧУ — 60 ЛЕТ



Исполнилось 60 лет Константину Ивановичу Струкову, президенту общества с ограниченной ответственностью «Управляющая компания ЮГК», заместителю председателя Законодательного собрания Челябинской области.

Производственная деятельность К. И. Струкова началась в 1980 г. после окончания Магнитогорского горно-металлургического института имени Г. И. Носова по специальности «Технология и комплексная механизация подземной разработки месторождений полезных ископаемых». В течение 17 лет он работал на горных предприятиях Казахстана и Башкирии, где прошел путь от подземного крепильщика до председателя артели старателей и директора шахты.

В 1997 г. К. И. Струков возглавил ПО «Южуралзолото» (ЮГК), которое он за короткий срок вывел из числа отстающих в передовое предприятие. По поручению Правительства Челябинской области К. И. Струков с 2001 г. стал заниматься решением проблем Коркинского угольного разреза, став генеральным директором ОАО «Челябинскуголь», позднее ОАО по добычи угля «Челябинская угольная компания». В 2007 г. был избран Президентом ООО «УК ЮГК».

Под руководством К. И. Струкова группа компаний наращивает объемы добычи золота, расширяет сферу своей деятельности: ныне производственные подразделения холдинга действуют не только в Челябинской области, но и далеко за ее пределами —

в Республике Хакасия, в Красноярском крае, в Московской области. На предприятиях ведется постоянная работа по модернизации производства, развитию социальной сферы, охране окружающей среды. На базовой площадке в городе Пласт Челябинской области построен тепличный комбинат, круглогодично выращивающий овощи и фрукты для работников предприятия; ведется строительство жилья для сотрудников — как многоквартирных домов, так и индивидуальных; делается много другого для улучшения бытовых условий и укрепления здоровья людей.

В развитии горно-добычного производства К. И. Струков опирается на достижения современной науки; будучи кандидатом технических наук, сам ведет научные исследования в качестве заведующего обособленного подразделения лаборатории экологически сбалансированного освоения недр ИПКОН РАН в городе Пласт.

Многогранная и успешная деятельность К. И. Струкова отмечена рядом наград. Он полный кавалер отраслевого знака «Шахтерская слава», имеет золотой знак «Горняк России». Является лауреатом Уральской горной премии «За развитие золотодобычи», почетным гражданином города Пласта, Уйского района, награжден знаком «За заслуги перед Челябинской областью», медалью Законодательного собрания региона «За заслуги в законотворческой деятельности».

Поздравляя Константина Ивановича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и новых трудовых успехов на благо отечественной золотодобычи.

*Законодательное собрание Челябинской области,
ООО «УК ЮГК», АО «ЮГК», ИПКОН РАН, ИГТУ им. Г. И. Носова,
редколлегия и редакция «Горного журнала»*

О ПРИСВОЕНИИ ПАО «ПРИАРГУНСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ» ИМЕНИ Е. П. СЛАВСКОГО И НАГРАЖДЕНИИ ЗНАКОМ «ЕФИМ ПАВЛОВИЧ СЛАВСКИЙ»

Имя легендарного министра среднего машиностроения СССР Ефима Павловича Славского присвоено крупнейшему уранодобывающему предприятию России — ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение». Торжественные мероприятия прошли в рамках празднования 50-летия ПАО «ППГХО».

Е. П. Славский (1898–1991) стоял у истоков предприятия. Часто приезжал в Краснокаменск, интересовался ходом строительства первенца атомной отрасли страны, проводил производственные совещания и давал ценные советы на основе своего огромного опыта. После ввода предприятия в эксплуатацию Е. П. Славский лично курировал его дальнейшее развитие.

Приказ о присвоении ПАО «ППГХО» имени Е. П. Славского подписан генеральным директором Уранового холдинга «АРМЗ»/Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом» В. Н. Верховцевым. Имя присвоено объединению «в связи с 50-летием и за достижение высоких производственных и социально-экономических показателей в развитии атомной отрасли, за стремление работать с наибольшей отдачей на благо страны с заботой о повышении производительности труда и эффективности производства».

Торжественный митинг, посвященный историческому событию, состоялся у здания управления объединения, на фасаде которого появилась надпись «ППГХО имени Е. П. Славского». Председатель Совета директоров ППГХО В. С. Высоцкий начал выступление с благодарности ветеранам, прибывшим на празднование 50-летия со всех уголков России: «С инициативой о присвоении ППГХО имени Ефима Павловича Славского выступили ветеранские организации объединения и Уранового холдинга. Трудовые подвиги первостроителей и ветеранов навсегда останутся для нас мерилем труда, маяком к достижению поставленных целей».

О своих встречах с Е. П. Славским, практически ежегодно посещавшим Краснокаменск, вспоминали ветеран труда, полный кавалер почетного знака «Шахтерская слава» С. С. Денисович, заместитель председателя Российского профсоюза работников атомной энергетики и промышленности Ю. В. Борисов и возглавлявший ППГХО с 2003 по 2007 г. В. Ф. Головин. Поздравили ветеранов и работников ППГХО губернатор Забайкальского края Н. Н. Жданова, член Совета Федерации Федерального Собрания





России С. М. Жиряков и другие почетные гости. Торжественный митинг завершился открытием мемориальной доски Е. П. Славского на фасаде управления объединения.

На праздничном концерте, посвященном 50-летию ППГХО, обнародован Приказ генерального директора Госкорпорации «Росатом» А. Е. Лихачева, в соответствии с которым объединение удостоено знака «Ефим Павлович Славский». Так на Красном знамени объединения, ранее награжденного орденом Трудового Красного Знамени и орденом Ленина, появилась третья заслуженная награда — знак «Ефим Павлович Славский».

Различных наград, в том числе Знака отличия Госкорпорации «Росатом» «За заслуги перед атомной отраслью» и знака «Шахтерская слава» I степени как наивысшей оценки доблестного шахтерского труда, были удостоены 30 лучших сотрудников объединения.

Кульминацией праздничных мероприятий стало торжественное шествие трудовых коллективов. По центральной улице Краснокаменска — проспекту Строителей — прошли коллективы производственных подразделений ППГХО, предприятий, организаций и бюджетных учреждений Краснокаменска.

Горнорудный дивизион выражает благодарность АО «Издательский дом «Руда и Металлы», которое является издателем «Горного журнала», за подготовку и выпуск целевого специального номера, посвященного научно-технической и производственной деятельности.

В номере 7-2018 «Горного журнала», посвященном деятельности ПАО «ППГХО», были представлены объективные данные и показатели действующих и реализуемых проектов комбината. Кроме того, АО «Издательский дом «Руда и Металлы» проведена рецензионная экспертиза опубликованных материалов.

Выпуск специального номера «Горного журнала», являющийся своевременной инициативой АО «Издательский дом «Руда и Металлы», детально описывает потенциальные инвестиционно-производственные возможности предприятий Горнорудного дивизиона на примере ПАО «ППГХО».

Рады отметить, что проекты Горнорудного дивизиона, касающиеся российской уранодобычи, представлены старейшим в Российской Федерации журналом по горному делу, который сохраняет и приумножает вековые традиции и уклады

Руководитель Горнорудного дивизиона Госкорпорации «Росатом»

В. Н. Верховцев

XXVI Международная специализированная выставка
 технологий горных разработок



УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

X Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

V Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ

Организаторы



уголь



руды



промышленные минералы



охрана и безопасность труда

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Выставочный комплекс "Кузбасская ярмарка", ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк
 т./ф: 8 (3843) 32-11-89, 32-22-22 e-mail: com@kuzbass-fair.ru

ПРОХОДЧЕСКИЕ БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА АО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ» (продолжение)

С. Н. ТРОФИМОВ, руководитель КБ,
АО «Машиностроительный холдинг»

Введение

Данная статья является продолжением статьи о разработке и внедрении в серийное производство самоходных гидроперфораторных проходческих установок АО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ» (начало см. «Горный журнал», 2018, № 5). Здесь мы коротко расскажем о технических характеристиках, комплектующих изделиях, конструктивных решениях и модификациях первых проходческих установок DF-B1.

Проходческая установка DF-B1 предназначена для бурения горизонтальных, вертикальных и наклонных шпуров диаметром 43–89 мм в тоннелях и выработках при разработке рудных месторождений подземным способом.

При помощи установки осуществляется высокопроизводительная проходка тоннелей и выработка сечением до 40 м², а также бурение шпуров для анкерного крепления.

Комплектация

Первые установки DF-B1 изготавливаются в разных комплектациях по техническому заданию ТОО «Корпорация Казакмыс» и ПАО «Гайский ГОК» под конкретные горно-геологические условия. Проходческая установка для ПАО «Гайский ГОК» имеет стандартную комплектацию. Промывка шпура при бурении осуществляется при помощи шахтной водяной системы.

Стандартный компрессор производительностью 1 м³/мин предназначен в ос-



Габаритные размеры установки DF-B1

Длина, мм	11900
Ширина, мм	1870
Высота, мм	2140
Масса, кг	15500

новом для смазки перфоратора. Установка для ТОО «Корпорация Казакмыс» имеет специальное исполнение без использования шахтной водяной сети. Очистка шпура осуществляется воздушно-водяной смесью. Вода в данном случае выполняет функцию только пылеподавления. В воздушную систему установлен компрессор повышенной производительности 3,3 м³/мин, который позволяет не только качественно очищать шпур при бурении, но и использовать его в дальнейшем для подключения зарядной техники. Для стабильной работы компрессора в воздушную систему подключены два ресивера. Для воды установлен автономный бак емкостью 700 л. Заправки бака хватает на бурение одного забоя. Данная проходческая установка может эксплуатироваться в особых горно-геологических условиях, где необходимо использование минимального количества технологической воды.

минимальный радиус поворота. Доказавший свою надежность при работе в шахтных условиях двигатель Deutz сочетает в себе высокую мощность и экологичность.

Полностью автоматическая бесступенчатая гидростатическая трансмиссия и гидравлическое рулевое управление способствуют снижению затрат на эксплуатацию оборудования и достижению высоких эксплуатационных показателей. Прямое гидравлическое управление с антишоковой защитой гарантирует высокую надежность, безопасность и ремонтопригодность.

На шасси установлены мосты и раздаточная коробка фирмы Dana Spicer, которая является мировым лидером в производстве надежных трансмиссий и положительно зарекомендовала себя в горной промышленности. В сочетании с гидроприводом Bosch Rexroth гидростатическая трансмиссия не уступает зарубежным аналогам в данном классе.

Шасси

Вне зависимости от модификации на установках DF-B1 применяется унифицированная ходовая часть, что позволяет в дальнейшем обеспечить взаимозаменяемость агрегатов между установками различного типа и назначения. Полноприводное самоходное шасси с шарнирной рамой и дизельным двигателем обеспечивает высокую мобильность, проходимость и



Гидростатическая трансмиссия

Мосты	Дата 112
Шины	12.00-20.15
Стояночный и аварийный тормоз	Пружинный дисковый, гидравлически растормаживаемый в масляной ванне
Тормоза	Гидростатические самоблокирующиеся
Раздаточная коробка	Дата 311

Стрела

Прочная телескопическая стрела с поворотной головной частью позволяет выполнять работы в поперечном и вертикальном направлениях, расширяя эксплуатационные возможности и обеспечивая быструю и точную установку податчика на бурение шпура.



Полностью автоматическое параллельное перемещение податчика в горизонтальной и вертикальной плоскостях при манипуляции стрелой повышает производительность и точность ведения работ.

Податчик

Раздвижной податчик позволяет изменять буровые штанги различных типоразмеров от 6 до 12 футов (1,83–3,66 м), расширяя технические возможности установки по бурению шпуров различной глубины и направления. Глубина бурения шпура – от 1590 до 3420 мм. Ввиду компактной габаритной длины податчика, в сдвинутом состоянии не более 3,5 м, возможно бурение анкерных шпуров в вертикальной плоскости. Гидравли-



Техническая характеристика гидроперфораторов

Параметр	Epiroc (Atlas Copco) COP 1838+	Montabert HC 110 CA	Doofor DF560I
Хвостовик	T38	T38	T38
Диаметр шпура, мм	43–76	43–64	43–89
Ударная мощность, кВт	18	21	20
Частота удара, Гц	60	67	67
Крутящий момент (max), Н·м	440–1000	557–1092	503–1170
Скорость вращения (max), мин ⁻¹	370	290	250
Масса, кг	174	200	152

ческий привод раздвижения податчика обеспечивает быстрое бесступенчатое регулирование его длины при настройке на требуемый типоразмер штанг. При бурении штанга постоянно центрируется в двух люнетах, один из которых подвижный. Таким образом достигается высокая точность бурения шпуров. Прочный и легкий профиль податчика из алюминиевого сплава обеспечивает возможность эксплуатации буровой установки в сложных условиях с тяжелыми режимами нагрузки. На профиле податчика установлены быстросменные направляющие из нержавеющей стали, которые вместе с полимерными вкладышами скольжения значительно увеличивают его ресурс. В люнетах податчика устанавливаются сменные центрирующие втулки. В зависимости от конструкции штанги (шестигранная или круглая) применяются втулки из стали или полиуретана, что также повышает срок службы штанг. По спецзаказу на стрелу может быть установлен удлиненный податчик под штанги длиной до 16 футов (4,88 м), что позволит бурить шпуры глубиной до 4,6 м.

На проходческих установках DF-B1 возможна комплектация современными гидроперфораторами нескольких ведущих компаний, таких как Epiroc (Atlas Copco, Швеция), Montabert (Франция) и Doofor rock drills (Финляндия), что позволяет потребителю сделать выбор в соответствии с его предпочтениями.

На первых проходческих установках по желанию заказчика установлен мощный и надежный перфоратор COP 1838+ с эффективным устройством гашения отдачи, что позволяет максимально увеличить срок службы расходных материалов.

Гидравлическая система

Гидравлическая система установки состоит из двух контуров, каждый со своим гидробаком. Первый контур предназначен для гидростатической трансмиссии; привод – от дизельного двигателя. Подобная схема позволяет унифицировать ходовую часть для применения на установках различного назначения. Второй контур предназначен для выполнения вспомогательных операций: горизонтирования установки; точного позиционирования податчика от шпура к шпуру; намотки кабеля; процесса бурения (рабочая и маневровая подача и работа перфоратора). Приводом для вспомогательных операций является дизельный и электрический двигатель.



В гидравлической системе применена встроенная функция защиты от заклинивания буровых штанг.

В обоих контурах гидравлической системы применяются компактные блоки клапанов, которые позволяют значительно уменьшить число рукавов высокого давления.

Система смазки

Система смазки проходческой установки разработана совместно с проектным бюро компании Века (Германия), специалисты которой имеют большой опыт и предлагают специальные решения для мобильной тех-



ники, машин и установок, используемых в горнодобывающей промышленности.

На установках DF-B1 система смазки перфоратора принудительная при помощи насоса с пневмоприводом. Управление осуществляется блоком с системой диагностики Fluidcontrol. Система смазки ходовой части централизованная. Обслуживание стрелы осуществляется при помощи смазочного пневмопистолета со шланговым барабаном и бачком для смазки. По желанию заказчика на стрелу может быть установлена централизованная система смазки.

Электрооборудование

Силовое электрооборудование и автоматическая система контроля управления (АСКУ) проходческой установки разработана совместно с российской специализированной компанией.

Система управления АСКУ предназначена для контроля и слежения за работой трансмиссионной, гидравлической и пневматической систем установки и обеспечивает автоматическое выполнение следующих функций:

- управление стояночным тормозом установки, а также блокирование размотки кабельного барабана;
- блокирование движения установки вперед при срабатывании концевых выключателей размотки барабана;
- мониторинг и подсказку действий оператору установки при запуске дизельного двигателя;
- передача сигналов от джойстика выбора направления и скорости откатки на клапаны управления ходом и скоростью движения установки;
- запуск двигателей маслостанции и компрессора;
- запуск аппаратуры гидравлической и пневматической систем;
- управление подачей сигналов в систему смазки перфоратора, включение кра-

нов смазки шасси, промывки и водяного насоса;

- управление работой перфоратора: ударом, подачей и вращением;
- остановку водяного насоса и функций бурения через установленное время по срабатыванию реле низкого давления воды, а также реле низкого давления воздуха;
- управление продувкой, промывкой по сигналам реле включения воды и воздуха соответственно;
- распознавание и выдачу сигналов световой и звуковой сигнализации предаварийных и аварийных ситуаций, отказов оборудования, отказов функций управления;
- учет времени работы дизеля, маслостанции, компрессора и водяного насоса;
- обмен данными с панелями человеко-машинного интерфейса, с выводом на последние графической информации об отказах и состоянии аппаратов, с функциями установки времен разгона и задержек срабатывания блокировок, а также диагностики состояния дискретных входов-выходов и возможности их конфигурирования

Наличие интерфейсного порта RS485 (ModBus-протокол) позволяет передавать информацию из системы на верхний уровень АСУТП по радиоканалам.

В системе реализована возможность удаленного мониторинга и тревожная сигнализация при выводе из строя аппаратов установки.

Передавание установки осуществляется от дизель-гидравлического привода. При передвижении установка обеспечивается электроэнергией от генератора напряжением 24 В, установленного на дизельном двигателе.

Операции бурения установка осуществляет при помощи электрогидравлического привода, подключаемого к шахтной электрической сети 380 В.

Место оператора

Гидравлический опускаемый защитный навес оператора отвечает требованиям стандартов FOPS/ROPS и обеспечивает минимальный транспортный габарит установки при откате. Защитный экран козырька обеспечивает дополнительную защиту оператора от падающих предметов. Место оператора оснащено эргономичным сиденьем

со всеми необходимыми регулировками и ремнями безопасности.

Заключение

Как видно из вышеизложенного, в конструкции проходческой буровой установки DF-B1 производства АО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ» применены основные комплектующие: дизельный двигатель, трансмиссия, перфоратор, гидроаппаратура, компрессор, система смазки и др. Производства ведущих мировых фирм, имеющих богатый опыт выпуска продукции для подземной техники, доказавшей свою надежность при работе в шахтных условиях.

Все металлоконструкции установки (передняя и задняя рамы хода, стрела, податчик, место оператора, защитные кожухи и др.) разработаны, изготовлены и собраны на нашем предприятии. С одной стороны, это значительно уменьшает стоимость выпускаемой продукции, а с другой — позволяет выпускать под конкретные горно-геологические условия заказчика высококачественную конкурентоспособную продукцию, по техническим характеристикам не уступающую зарубежным аналогам.

Учитывая, что все сменные детали оперативно изготавливаются на нашем предприятии, а также наличие склада необходимых для бесперебойной работы запчастей и обслуживание проходческой установки, осуществляемое нашей сервисной службой, стоимость владения установкой будет ниже, чем у аналогов.

На данный момент проходческая установка с автономным водяным баком проходит тестирование перед предварительными заводскими испытаниями. При тестировании осуществляется наладка и проверка работы всех основных систем и узлов. Дизельный двигатель подвергается тепловым испытаниям при работе на разных режимах нагрузки — от минимальной до максимальной. Скорость передвижения, маневренность, минимальные углы поворота, преодолеваемые продольные и поперечные уклоны проверяются на собственном полигоне АО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ».

О ходе испытаний опытных образцов, общем итоге, а также о дальнейших планах АО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ» вы сможете узнать из следующих публикаций.

BELAZ

G-PROFI



ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЛИНЕЙКА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ

ОАО «БЕЛАЗ» – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» –
КРУПНЕЙШИЙ МИРОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ.
УНИКАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЗВОЛИЛИ СОЗДАТЬ ТЕХНИКУ, СТАВШУЮ
МИРОВЫМ РЕКОРДСМЕНОМ ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ.

Работа техники сопряжена с беспрецедентно высокими нагрузками –
надежная эксплуатация требует профессионального подхода...

МАСЛА BELAZ G-PROFI РАЗРАБОТАНЫ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ

Для обеспечения бесперебойной работы техники в тяжелых горно-геологических условиях необходимы специализированные смазочные материалы, которые будут эффективно защищать высоконагруженные детали узлов и агрегатов (двигатель, трансмиссию, гидравлическую систему и другие механизмы). Для создания собственной профессиональной линейки смазочных материалов для карьерной техники компания ОАО «БЕЛАЗ» объединила усилия с компанией «Газпромнефть» – смазочные материалы», имеющей не только право на проведение международной экспертизы в области разработки высокотехнологичных масел и технических жидкостей, но и собственное производство в России и Европе, являющееся на сегодняшний день одним из самых современных.

В результате научно-технического сотрудничества компаний была разработана профессиональная линейка эксплуатационных материалов и специальных жидкостей BELAZ G-PROFI. Это уникальные продукты, учитывающие все особенности техники БЕЛАЗ и условия ее эксплуатации.

ОРИГИНАЛЬНОЕ МОТОРНОЕ МАСЛО BELAZ G-PROFI MINING 15W-40 – ЛУЧШИЙ ВЫБОР ДЛЯ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ

При разработке моторного масла BELAZ G-PROFI Mining 15W-40 были учтены особенности условий эксплуатации двигателей карьерных самосвалов БЕЛАЗ, а также проведен анализ статистики отказов. По результатам исследований были установлены повышенные требования к эксплуатационным свойствам смазочного ма-

териала. Учитывались такие факторы, как повышенное содержание серы в топливе, кислотность, образование сажи и возможность попадания частиц пыли в систему смазки.

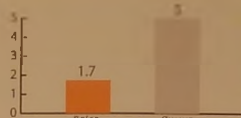
Продуктом неполного сгорания топлива является сажа, она загущает масло, вызывает отложение на деталях и износ. Масло BELAZ G-PROFI Mining 15W-40 снижает негативное воздействие сажи и сохраняет свои эксплуатационные характеристики на всем интервале использования до следующей замены.

После прохождения нескольких циклов лабораторных и стендовых испытаний были получены официальные одобрения Cummins, MTU, Deutz, PAO «Автотизель» и др. Масло не только соответствует спецификациям производителей двигателей, устанавливаемых на технику БЕЛАЗ, но и превосходит их.

ЗАЩИТА ДВИГАТЕЛЯ — В 3 РАЗА ЭФФЕКТИВНЕЕ!

Всесезонное моторное масло BELAZ G-Profi Mining 15W-40 надежно защищает детали силового агрегата от износа и превосходит требования API CI-4 по показателю среднего износа цилиндра в 3 раза.

Средний износ цилиндра, мкм



В 2 РАЗА ВЫШЕ СТОЙКОСТЬ К ОКСИДЛИВОСТИ

Показатель термоокислительной стабильности BELAZ G-Profi Mining 15W-40 на 85% выше требований ACEA E7, что обеспечивает высокую стойкость к окислению, увеличивает запас свойств.

Термоокислительная стабильность, мин



В 2 РАЗА ЭФФЕКТИВНЕЕ ПРОКАЧИВАЕМОСТЬ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Превосходная прокачиваемость при низких температурах обеспечивает более быстрое поступление масла в точку смазки, что снижает износ при холодном пуске

Низкотемпературная прокачиваемость при -25 °C, мПа·с



ОРИГИНАЛЬНЫЕ ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА СЕРИИ BELAZ G-PROFI TRANS ГАРАНТИРУЮТ ПОВЫШЕННУЮ ЗАЩИТУ ОТ ИЗНОСА

Специализированный пакет присадок для трансмиссионных масел BELAZ G-Profi Trans разработан с учетом материалов сальников и уплотнений, обеспечивая прекрасную совместимость. Стабильная масляная пленка на деталях трансмиссии предотвращает повышенное изнашивание трущихся поверхностей в тяжелых условиях эксплуатации при высоких, в том числе ударных нагрузках

При разработке серии трансмиссионных масел BELAZ G-Profi Trans учитывали жесткие температурные режимы эксплуатации редукторов мотор-колес и иных элементов трансмиссии карьерных самосвалов БЕЛАЗ. В результате была обеспечена высокая термическая стабильность, препятствующая образованию отложений на рабочих поверхностях трансмиссии.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА СЕРИИ BELAZ G-PROFI HYDRAULIC ИДЕАЛЬНО СОВМЕСТИМЫ С МАТЕРИАЛАМИ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ

Одной из главных систем самосвала БЕЛАЗ, передающей и распределяющей усилия, является гидравлическая система, к гидравлическим маслам которой предъявляются широкие требования. Прежде всего это совместимость с различными металлами и elastomерами, что гарантирует высокую надежность работы оборудования. Благодаря вовлечению специальных противоизносных компонентов удалось значительно увеличить ресурс шестеренчатых, лопастных, радиальных и аксиально-поршневых насосов. При производстве масел BELAZ G-Profi Hydraulic используют высококачественные загущивающие присадки, которые обеспечивают высокий индекс вязкости. Таким образом, масла BELAZ G-Profi Hydraulic можно использовать в широком диапазоне температур, что позволяет эксплуатировать технику БЕЛАЗ в любых климатических зонах. Высокие дезмультигирующие свойства обеспечивают стабильность работы гидросистемы в присутствии воды, а минимальное время деаэрации исключает сжимаемость масла, что улучшает его смазывающие и охлаждающие способности. Высокий класс чистоты и превосходная фильтруемость позволяют продлить срок службы оборудования.

ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ СЕРИИ BELAZ G-PROFI ANTIFREEZE РАЗРАБОТАНЫ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ

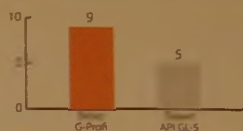
От качества охлаждающей жидкости и соблюдения правил эксплуатации зависит долговечность и надежность работы двигателя, поэтому все крупнейшие мировые производители двигателей предъявляют жесткие требования к охлаждающим жидкостям и требуют их неукоснительного соблюдения. В полной мере это относится к силовым агрегатам, устанавливаемым на автомобили БЕЛАЗ.

Основной проблемой, связанной с применением охлаждающих жидкостей в тяжело нагруженных двигателях, является кавитация гильз. Кавитация способна за 2000 часов работы двигателя создать сквозные отверстия в гильзе, что неизбежно приведет

В 2 РАЗА МЕНЬШЕ ИЗНОС

Благодаря стойкой пленке в точке контакта трансмиссионные масла серии BELAZ G-Profi Trans существенно снижают износ трущихся поверхностей.

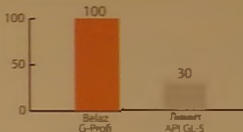
Противоизносные свойства ASTM D6121, балл



В 3 РАЗА ВЫШЕ ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ

Показатель термической стабильности серии масел BELAZ G-Profi Trans на 70% выше требований API GL-5, что существенно снижает образование отложений на парках трения.

Термическая стабильность ASTM D5704, %



к капитальному ремонту или даже к списанию агрегата. Возникающие при этом затраты несоизмеримо больше, чем расходы на закупку охлаждающей жидкости.

Охлаждающие жидкости серии BELAZ G-Profi Antifreeze содержат антикавитационные пакеты присадок, снижающие скорость кавитационного разрушения гильз в 10–20 раз по сравнению с обычными антифризами. На иллюстрации приведены две гильзы, отработавшие в аналогичных условиях: с обычной охлаждающей жидкостью (рис. слева) и с жидкостью, имеющей антикавитационный пакет присадок (рис. справа). На гильзе слева отчетливо видны кавитационные «ямки», причем некоторые из них имеют сквозной характер.



В систему охлаждения была залита универсальная охлаждающая жидкость — отчетливо видны разрушения гильзы, вызванные кавитацией

Гильза двигателя, который работал с оригинальной охлаждающей жидкостью, имеющей антикавитационные присадки

ОРИГИНАЛЬНАЯ ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ BELAZ G-PROFI ANTIFREEZE RED

Предназначена для применения в двигателях европейских производителей MTU и Deutz. По своему составу она относится к карбоксилатному (OAT) типу, обеспечивает долговременную и эффективную защиту от коррозии и кавитации «мокрых» гильз. Имеет официальный допуск от MTU на ее применение с рекомендованным сроком эксплуатации 9000 м/ч, или 3 года.

ОРИГИНАЛЬНАЯ ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ BELAZ G-PROFI ANTIFREEZE GREEN

Предназначена для применения в двигателях Cummins и ЯМЗ. Содержит в своем составе полный пакет присадок, соответствует спецификациям Cummins CES 14603, ASTM D6210. Имеет официальный допуск от ЯМЗ на ее применение. Совместима с дополнительными присадками DCA-2, DCA-4, а также с фильтрами охлаждающей жидкости Fleetguard BELAZ G-Profi Antifreeze Green обеспечивает эффективную защиту от коррозии и кавитации благодаря использованию специальных ингибиторов коррозии, включая нитриты. Срок эксплуатации — в соответствии с рекомендациями Cummins и ЯМЗ.

РЕГУЛЯРНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Регулярное проведение подтверждающих испытаний под контролем ИТЦ ОАО «БЕЛАЗ», а также внедрение специальных методов контроля качества при производстве смазочных материалов гарантируют высокий уровень эксплуатационных характеристик продуктов профессиональной линейки BELAZ G-Profi, а значит — уверенность эксплуатирующих организаций в надежной работе карьерной техники БЕЛАЗ.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Использование оригинальных масел BELAZ G-Profi позволяет сократить износ оборудования, что ведет к снижению простоев на ремонт, существенному сокращению финансовых потерь и, как следствие, росту рентабельности производства.

ЛИНЕЙКА BELAZ G-PROFI РЕАЛИЗУЕТСЯ ЭКСКЛЮЗИВНО ЧЕРЕЗ ДИЛЕРСКУЮ СЕТЬ ЗАО «ТД «БелАЗ», что ГАРАНТИРУЕТ ПОКУПАТЕЛЮ ЗАЩИТУ ОТ ПОКУПКИ КОНТРАФАКТА И СНИЖАЕТ СТОИМОСТЬ ВЛАДЕНИЯ ТЕХНИКОЙ

Использование оригинальных смазочных материалов и технических жидкостей BELAZ G-Profi позволяет организациям, эксплуатирующим технику БЕЛАЗ:

- быть уверенными в качестве применяемых эксплуатационных материалов;
- исключить возможность закупки контрафакта;
- снизить риски возникновения производственных потерь;
- повысить КТГ (коэффициент технической готовности);
- бесплатно получать специализированную техническую поддержку и консультации экспертов по программе OTS BELAZ.



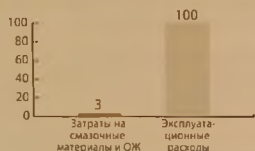
Экономия на стоимости масла и охлаждающей жидкости несоизмерима с затратами на ремонт техники и с потерями от ее простоя. Для производства продуктов профессиональной линейки BELAZ G-Profi используются только качественные базовые компоненты и современные высокоскоростные пакеты присадок, позволяющие максимально продлить ресурс техники и **увеличить КТГ** (коэффициент технической готовности).

Дилеры ОАО «БЕЛАЗ» при участии производителя оригинальных смазочных материалов и специальных жидкостей готовы предоставить потребителю квалифицированную техническую поддержку по единому стандарту

МЕНЕЕ 3% ЗАТРАТ

Расходы на смазочные материалы не превышают 3 % от затрат на эксплуатацию техники.

Годовые затраты на эксплуатацию техники, %



OTS BELAZ при условии использования продукции BELAZ G-Profi.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ МАСЛА BELAZ G-PROFI ИЛИ УНИВЕРСАЛЬНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА – ЧТО ВЫГУДНЕЕ?

Стремление к экономии при эксплуатации карьерной техники порою является основанием для закупки и применения организационной неоригинальных запасных частей, расходных и смазочных материалов. Универсальные масла для коммерческого транспорта не являются лучшим решением для карьерной техники ввиду того, что карьерные самосвалы работают в совершенно иных, более жестких условиях. Кроме того, при возникновении эксплуатационной ситуации в условиях применения нереконструированных эксплуатационных материалов, получение оперативной технической поддержки от производителя может быть осложнено. Также нередки случаи, когда закупленная продукция известных мировых и российских производителей на поверку оказывается контрафактной.

При использовании неоригинальных запчастей и/или эксплуатационных материалов, в том числе смазочных материалов и технических жидкостей, эксплуатирующие организации несут повышенные риски, связанные с вероятностью преждевременного выхода агрегатов из строя, что, в свою очередь, приводит к внеплановому ремонту и непроизводственному простоев техники. Как следствие — незапланированные дополнительные расходы, например:

- стоимость капитального ремонта ДВС Cummins QST 30-C карьерного самосвала БЕЛАЗ-75580 — **от 5 млн рублей;**
- упущенная выгода от непроизводственного простоя одной единицы БЕЛАЗ-75580 — **от 600 тыс. рублей в сутки** в зависимости от вида добываемого полезного ископаемого.

ИМЕННО РЕКОМЕНДОВАННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ BELAZ G-PROFI ПОЗВОЛЯЮТ ПРОДЛИТЬ ЭФФЕКТИВНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕСУРС УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ, ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ЗАЛОГОМ ВЫСОКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЮБОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ.

По вопросам приобретения оригинальных смазочных материалов и технических жидкостей BELAZ G-Profi обращайтесь к официальному представителю БЕЛАЗ:



ООО «СТЛЦ «БЕЛАЗ-УРАЛ»
Тел.: +7 (351) 267-50-65
www.belazural.ru

БЕЛАЗ
BELAZ 70
1948

ОТ СЛАВНОГО ПРОШЛОГО —
В УВЕРЕННОЕ БУДУЩЕЕ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ОАО «БЕЛАЗ»

WWW.BELAZURAL.RU +7 (351) 267-50-65

Реклам

«Инновационное превосходство - курс развития горно-геологической отрасли»

Форум МАЙНЕКС Россия проводится в Москве с 2005 года и является одним из самых крупных и представительных международных мероприятий, посвящённых актуальным проблемам разведки, добычи и переработки твёрдых полезных ископаемых.



События форума

- Мастер-классы для специалистов горнодобывающих компаний
- Пленарные и технические сессии
- Выставка горнопромышленных технологий и проектов
- Конкурс «Российская горная награда»
- Бизнес-акселератор МайнВенчур
- Конкурс инноваций МайнТек
- Конкурс фотографии «Горняки и Месторождения России 2018»
- Опросы
- Тематические обеды
- Нетворкинг

Технические разделы

- Создание проектов «с нуля»
- Индустрия 4.0
- Экология и переработка отходов
- Обогащение
- Геомеханика
- Открытые горные работы
- Подземные горные работы
- Технологии ПСВ
- Анализ коммерческой эффективности проектов
- Транспорт, логистика, обслуживание техники
- Поисков слепых рудных тел
- Промышленная безопасность
- Геометаллургия



Оператор форума МАЙНЕКС Россия 2018

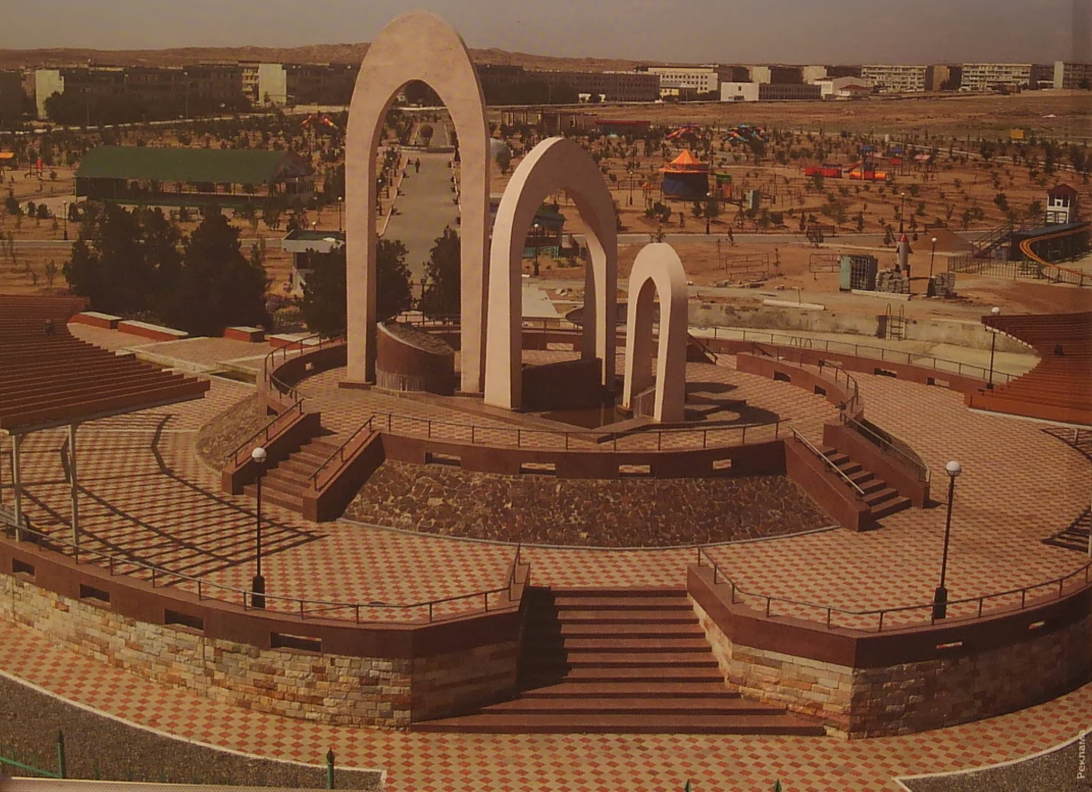
ООО «Горнопромышленный форум МАЙНЕКС»

Россия, 115419, г. Москва, ул. Шаболовка, дом 34, строение 5, помещение 11

Телефон / Факс: + 7 495 249 49 03 E-mail: russia@minexforum.com



ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»
210100, Республика Узбекистан,
Навои, ул. Навои, 27
info@ngmk.uz



ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

- ▶ **ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ,
ГАРАНТИЯ ОТ ПРОТЕЧЕК 12 ЛЕТ**
- ▶ **КОНСТРУКТИВНАЯ ЗАЩИТА
ОТ КОНДЕНСАТА**
- ▶ **СТАБИЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ
НА НИЗКИХ РАСХОДАХ**
- ▶ **ЗАЩИТА ВЫХОДОВ**
- ▶ **ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА
САМОДИАГНОСТИКИ**



**Современные электромагнитные
расходомеры-счетчики Питерфлоу PC
DN 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 150**

Отличительные особенности:

- ▶ усовершенствованная проточная часть с низким гидравлическим сопротивлением (L канал)
- ▶ графический дисплей с подсветкой, содержащий всю необходимую измерительную и диагностическую информацию
- ▶ герметичный опломбированный отсек для размещения электронного модуля
- ▶ защита от несанкционированного доступа
- ▶ коммуникационные адаптеры (RS-232, RS-485 и Ethernet) с питанием от ИП расходомера;
- ▶ максимальная надежность
- ▶ степень защиты корпуса IP65, IP67, IP68
- ▶ гарантия 5 лет
- ▶ расширенная гарантия – 8 лет
- ▶ гарантия от протечек – 12 лет

Номер госреестра 66324-16

193318, Санкт-Петербург,
ул. Ворошилова, д. 2, лит. А, пом. 211/2
тел.: +7 (812) 326-10-50

Техподдержка:
8-800-333-10-34
www.termotronic.ru
E-mail: zakaz@termotronic.ru

 **ТЕРМОТРОНИК**
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УЧЕТА ВОДЫ И ТЕПЛА

zvt.abok.ru

ЗДАНИЯ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

«SUSTAINABLE BUILDING TECHNOLOGIES»



РЕСУРС ДЛЯ ИНВЕСТОРОВ, ДЕВЕЛОПЕРОВ, АРХИТЕКТОРОВ, ИНЖЕНЕРОВ

Доступно в
App Store

Доступно в
Google play

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА **zvt.abok.ru**

ОРГАНИЗАТОРЫ



Министерство
энергетики
Московской
области



Некоммерческое
партнерство
«АВОК»

23-24 мая
2018 года

IV ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПОДМОСКОВЬЕ



Демонстрация лучших практик:

- муниципальных образований Московской области
- ресурсоснабжающих организаций
- производителей и поставщиков энергоэффективной продукции

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: ДОМ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ (КРАСНОГОРСК, БУЛЬВАР СТРОИТЕЛЕЙ, ДОМ 1)



Тепло- и электроснабжение:
модернизация систем



Капитальный ремонт
и реконструкция зданий



Учет и регулирование
энергопотребления



Механизмы реализации
энергосервисных контрактов



Альтернативные и возобновляемые
источники энергии



Энергоэффективность
и качество среды обитания

ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ: тел. (495) 984-9972, potapov@abok.ru

главный редактор
П. П. Бирюков

заместитель мэра Москвы в Правительстве Москвы
по вопросам жилищно-коммунального хозяйства и
благоустройства

заместитель главного редактора

Ю. А. Табунщиков

президент Некоммерческого партнерства
«Инженеры по отоплению, вентиляции,
кондиционированию воздуха, теплоснабжению
и строительной теплофизике» (НП «АВОК»)

редакционный совет

И. А. БАШМАКОВ

доктор экон. наук, директор Центра по
эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ),
канд. техн. наук, профессор Московского
архитектурного института;

М. М. БРОДАЧ

Заслуженный энергетик России,
доктор техн. наук, научный руководитель группы
компаний «ИНСОЛАР»;

М. С. БЕРНЕР

Г. П. ВАСИЛЬЕВ

канд. техн. наук, доцент НИУ «Московский
энергетический институт», эксперт Аналитического
Центра при Правительстве РФ, председатель
Комиссии по экологии, энергетике и устойчивому
развитию Общественной палаты города Москвы
второго созыва;

Е. Г. ГАШО

канд. техн. наук, член Экспертного совета Комитета
Государственной Думы по энергетике;

В. И. ЛИВЧАК

директор департамента жилищно-коммунального
комплекса Ярославской области,

А. И. ЛУКАШОВ

министр энергетики Московской области;

Л. В. НЕГАНОВ

Ю. А. ТАБУНЩИКОВ

доктор техн. наук, член-корр. РААСН, заведующий
кафедрой Московского архитектурного института,
президент НП «АВОК», член Общественной палаты
города Москвы второго созыва;

Н. В. ШИЛКИН

канд. техн. наук, профессор Московского
архитектурного института,

Б. М. ШОЙХЕТ

канд. техн. наук, профессор Московского
государственного строительного университета (МГСУ),

И. И. ЩЕПЕТКОВ

доктор архитектуры, заведующий кафедрой
Московского архитектурного института, лауреат
Государственной премии РФ

редакция

Шеф-редактор
Выпускающий редактор
Контрольный редактор
Компьютерная верстка
Распространение

Н. В. Шилкин

М. Н. Комолова

О. В. Улантимова

В. И. Ткач

М. Н. Ефремов

В. А. Вязовов

Е. Ю. Табунщиков

И. А. Полтанова

С. Ю. Бродач

energo@abok.ru

komolova@abok.ru

vlad@abok.ru

elena@abok.ru

ip@abok.ru

abokspb@abok.ru

Онлайн-проекты
Отдел рекламы

Интернет-версия журнала www.abok.ru

издатель **ООО НП «АВОК-ПРЕСС»**

Адрес редакции: 127051, Москва, а/я 141
Тел./факс: (495) 621-70-23, 621-80-48
E-mail: energo@abok.ru
© НП «АВОК», 2018 www.abok.ru

16+

Печатаются статьи и фотоматериалы из журнала «Энергосбережение» только
с разрешения редакции. Журнал «Энергосбережение» зарегистрирован в
Комитете Российской Федерации по печати. Издаётся с января 1995 г.
Свидетельство о перерегистрации ПИ № ФС77-46573 от 15 сентября 2011 г.
Материалы, отмеченные значком ♦, публикуются на коммерческой основе.
За содержание рекламы ответственность несет рекламодатель.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.
Отпечатано в типографии ООО «ДДД», Н. Новгород.
Печерный № 6 номеров в год. Тираж 13 000 экз. Цена свободная

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ

Санкт-Петербург: тел./факс (812) 275-13-38
Ульяновск: тел. 380-487-26-4865 a_l_pira@yahoo.com

Ваши вопросы по статьям присылайте по адресу
energo@abok.ru

№ 2, 2018 СОДЕРЖАНИЕ



**Ключевой вектор развития мегаполисов
с учетом аспектов энергоэффективности
и климатического влияния**

ПРИОРИТЕТ

4

Энергетическая и климатическая стратегии
Москвы. Поиск разумного симбиоза,
Е. Г. Гашо

МНЕНИЕ

26

Актуальность наилучших доступных
технологий для теплоснабжения в ЖКХ,
Я. М. Щелоков

ОПЫТ

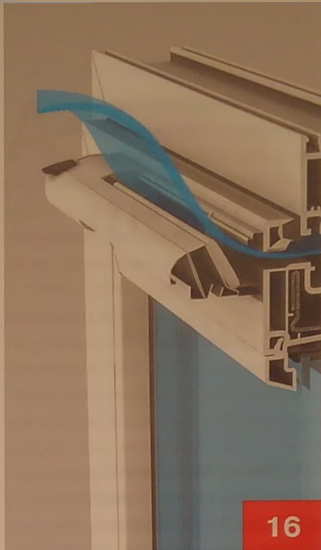
24

Ультразвуковые теплосчетчики «Пульсар»

АЛТЕРНАТИВА

49

Комплексный подход при расчете
энергетической эффективности зданий



16

Снижение затрат энергии за счет использования регулируемых приточных и вытяжных устройств



26

Актуальные аспекты по организации теплоснабжения потребителей в ЖКХ

12

Энергосервисные контракты на объектах бюджетной сферы. Проблемы и пути решения, *С. Ю. Шувалов*

16

Возможности энергосбережения в системах с регулируемой естественной вентиляцией, *Н. В. Шилкин и др.*

34

А. Ф. Космачев: «Есть практическое решение проблемы сверхнормативных транспортных потерь в кабельных электросетях...»

32

Технология Smart Monitoring: результаты натурных испытаний *И. А. Бычковский и др.*

42

Компенсация реактивной мощности как фактор энергосбережения, *А. Е. Лузянин*

44

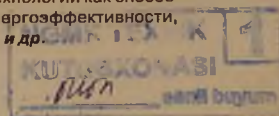
Инструменты повышения энергетической эффективности экономики Швейцарии, *А. В. Могиленко*

54

Пакет стандартов по энергоэффективности зданий

60

Биогазовые технологии как способ повышения энергоэффективности, *О. У. Салимов и др.*



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИИ МОСКВЫ

Поиск разумного симбиоза

Е. Г. Гашо, канд. техн. наук, доцент
НИУ МЭИ, председатель комиссии по
экологии, энергетике и устойчивому
развитию Общественной палаты
города Москвы

Ключевые слова: топливно-энергетический
комплекс, энергоэффективность, экология,
изменения климата

Реализация в Москве комплекса мер на энергоисточниках, в сетях и у потребителей привела к существенным эффектам экономии топлива и снижению выбросов в атмосферу, повышению надежности и устойчивости функционирования энергетики. Можно ли с уверенностью говорить, что Москва как система достаточно эффективна и устойчива к флуктуациям климата? Рассмотрим особенности энергетического комплекса столицы под углом зрения энергоэффективности и климатических изменений.



Активное развитие городов и агломераций на планете зачастую приводит к негативным экологическим последствиям. Города хотя и защищают жителей от негативных климатических влияний, но при этом имеют сопутствующие урбанизации негативные последствия – чрезмерную концентрацию, бесконтрольную автомобилизацию, загрязнение атмосферы и водоемов и др.

Исторически города создавались в первую очередь для защиты людей от внешних врагов (например, в Европе или Азии) или от суровой природы (на большей части территории России). Поэтому российские города изначально максимально приспособлены к климатическим изменениям: в них созданы более мощные и разветвленные системы жизнеобеспечения. К примеру, суммарная мощность системы теплоснабжения Москвы – около 60 ГВт (т) – такова, что она в состоянии согреть зимой все столицы Скандинавских стран, десяток самых крупных городов Канады, и еще останется запас для отопления Варшавы или Вены (рис. 1). Только резерв теплоисточников Москвы позволяет обеспечить теплоснабжение всего города в России – Санкт-Петербурга.

Основные особенности энергокомплекса Москвы

Москва – один из самых холодных крупнейших мегаполисов мира: почти 12,5 млн человек проживают при средних параметрах зимы 4 500 градусо-суток.

Высокая доля мощных комбинированных энергоисточников (ТЭЦ), находящихся непосредственно в городской черте, обеспечивает около 14 ГВт электрической и почти 60 ГВт тепловой мощности (соответственно на человека приходится 1,1 кВт электрической и 5 кВт тепловой мощности). Высокая переменчивость погодных условий приводит к значительному изменению графиков тепловой и электрической нагрузки: в течение года рост пиковых электрических нагрузок меняется в 2–3 раза, а тепловых – в 8–9 раз. Резерва по тепловой мощности составляет 40–45 %, по электрической – пики обеспечивает Загорская гидроаккумулирующая станция.

Очевидна разноплановая динамика тепловых, электрических нагрузок города, электропотребления разными секторами экономики (при постоянном росте экономики, жилой и нежилой недвижимости, сферы услуг). При «замораживании» тепловых нагрузок жилья, офисов, бюджетной сферы наблюдается интенсивный рост электропотребления в сфере услуг, торговли, малых предприятиях.

Ужесточается влияние супермегаполиса – фактическая площадь города стала на 30 % больше административной. Вместе с тем тепловой остров города существенно меньше, чем должен был быть, исходя из размеров города

Москва – один из самых холодных городов среди крупнейших мегаполисов планеты. Топливо-энергетический комплекс столицы – основа разветвленной и сложной системы жизнеобеспечения города. Потребности Москвы в тепловой энергии в зависимости от суровости зимы составляют в среднем 93–97 млн Гкал в год. Суммарная выработка электроэнергии составляет около 50 млрд кВт·ч, за вычетом потерь и собственных нужд ТЭК к потребителям уходит около 40 млрд кВт·ч. Потребности в электрической энергии и тепле обеспечивают 13 ТЭЦ, 66 квартальных и районных тепловых станций, 186 городских и 793 ведомственных котельных.



и мощности энергетики. Также следует увязывать экономику, миграционные потоки и режимы энергопотребления Москвы и ближайшего Подмосковья, поскольку свыше 1 млн человек ежедневно приезжает на работу в столицу из ближайших городов Подмосковья и около 3 млн человек летом выезжает на дачные поселки в Подмосковье.

Энергокомплекс города оказывает значительное экологическое давление на природную среду. Выбросы в атмосферу CO_2 составляют около 42 млн т, H_2O – свыше 65 млн т, низкопотенциальные сбросы тепла достигают 110 млн Гкал. Концентрация CO_2 , H_2O и CH_4 в атмосфере определяется не столько техногенными, сколько природными факторами и особенностями. Средняя приземная температура увеличивается, но существенно больше растут флуктуации, переходы через 0°C , скачки атмосферного давления.

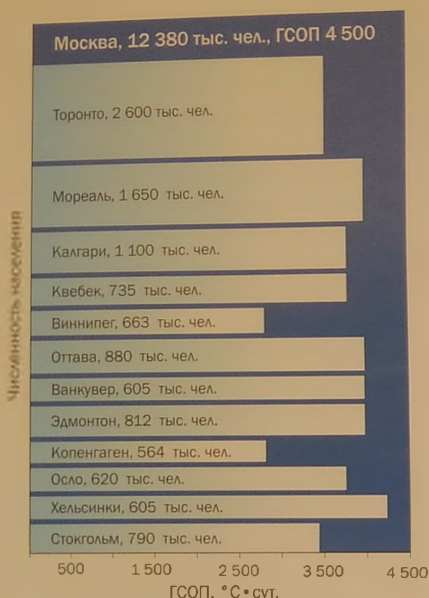


Рис. 1. Соотношение численности населения (тыс. чел.) и ГСОП Москвы и некоторых других городов мира

Динамика ключевых энергетических показателей Москвы

Надо напомнить, что ровно 10 лет назад ситуация в энергетике Москвы была в какой-то степени критическая. «Блэкаут» в мае 2005 года, суровая зима 2006 года, палящий зной лета 2010 года и ледяные дожди 2011 года испытали энергетiku столичного региона на прочность по всем возможным климатическим нагрузкам.

За последние 8–10 лет эффективность энергокомплекса выросла: по котельным с 86 до 94 %, по ТЭЦ с 65 до 68 %, уже 22 % мощности и 27 % выработки – это ПГУ.

Кроме того, можно ответственно заявить, что за счет экономии газа от теплофикации больше 2 млн человек в Москве живут в безуглеродном городе (это примерно общая численность жителей Осло, Хельсинки, Копенгагена и Стокгольма).

Потребление тепла городом практически не увеличивается. Так, около 60 млн м³ недвижимости введено без роста теплопотребления (это тоже более чем двухмиллионный город).

Электропотребление населения растет незначительно, а электропотребление непроизводственной сферы, торговли, малого бизнеса выросло за 10 лет почти в 5 раз: с 3 до 14 млрд кВт • ч.

Эффект суперконцентрации мегаполиса сослужил хорошую службу для теплоэнергетики – привел к экономии 28 % топлива за счет когенерации. Однако есть и отрицательный эффект – на 10–13 % снизился адаптационный потенциал зеленых насаждений.

Выбросы парниковых газов Москвы составили около 78–79 % от уровня 1990 года.

Предпосылки энергетической политики Москвы

В связи с ростом пиковых нагрузок в конце 1990-х и начале 2000-х годов в Москве введено в практику ограничение потребления электроэнергии в период максимума электрической нагрузки. В 2007 году была относительно теплая зима, но даже в этих условиях избежать отключений не удалось. Разрыв между потребностью в период максимума электрических нагрузок и возможностями энергосистемы достигал более 2 тыс. МВт. Как отмечалось в преамбуле к программе энергосбережения 2009–2013 годов, этот разрыв мог быть ликвидирован к 2010 году только при условии, что программа строительства новых генерирующих мощностей будет четко выполнена и будут реализованы задания по энергосбережению, заложенные в городскую программу.

Предполагалось, что целенаправленные меры по сокращению потребляемой электрической энергии в масштабах города за счет энергосберегающих мероприятий могут сократить максимум нагрузки на 3,0–3,5 тыс. МВт, что соизмеримо с реализацией программы развития генерирующих мощностей.

Принципиальными отличиями комплексной целевой Программы энергосбережения Москвы на 2009–2013 годы и на перспективу до 2020 года является наличие новых механизмов:

- развитие нормативно-правовой базы энергосбережения,
- сокращение потребляемой электрической мощности,
- пропаганда энергосбережения в городе Москве,
- тарифное стимулирование энергосбережения,
- механизм перераспределения присоединенной мощности на территории Москвы.

По итогам прошедшего десятилетия видно, насколько сработали те или иные идеи, заложенные в энергетическую политику Москвы в 2008–2009 годах (рис. 2). Практически все четыре подпрограммы, заложенные при разработке программы, реализованы в значительной степени: на источниках введены блоки ПГУ суммарной мощностью 2 861 МВт (эл), существенно модернизированы тепловые

С ЧЕГО НАЧИНАЕТСЯ ГРАНДИОЗНЫЙ ПРОЕКТ?

С правильного решения – решения от Grundfos.



Комплексные решения для масштабных идей

Устанавливая Grundfos, вы одновременно решаете множество сложных задач на различных стадиях: от проектирования до последующего обслуживания в процессе эксплуатации. Grundfos – это не только широкий ассортимент надежного оборудования, но и простой оперативный сервис, комплексный подход к решению задач и техническая документация на русском языке. Используя насосное оборудование Grundfos, вы освобождаете себя от сложностей и лишних затрат в процессе эксплуатации.

Grundfos. Технология свободы.

Филиал ООО «Грундфос» в Москве: 8 495 7373000
www.grundfos.ru

be
think
innovate

GRUNDFOS 

и электрические сети, активно проводится переключение тепловой нагрузки, идет капитальный ремонт и модернизация жилого фонда и бюджетной сферы.

В совокупности это привело к целому ряду эффектов энергосбережения, некоторому снижению пиков и высвобождению в первую очередь тепловой мощности энергоисточников. Именно за счет такого высвобождения в эти годы введено и подключено к тепловым сетям свыше 55 млн м² недвижимости практически без роста теплопотребления. Похоже, что за это время сработали и эффекты пропаганды энергосбережения и рационального потребления ресурсов, которые ранее оценивались всего в 5% общего потребления воды и электроэнергии населением. Практически на 45% упало потребление воды городом: здесь сыграли свою роль счетчики воды, модернизация систем водоснабжения, тарифные решения.

Десять лет назад мы доказывали нецелесообразность строительства новых электрических мощностей. Это с трудом удалось преодолеть, и все равно несколько сотен мегаватт электромощностей пока заморожены. Некоторые уже построенные ТЭЦ пока не имеют тепловой нагрузки и не работают, часть из них покрывает только электрическую нагрузку (ГТЭС «Строгино»). Более того, планируемый во всех прогнозах тех лет рост потребления газа (см. рис. 2) на рубеже 2012–2013 годов сменился на спад, и по отношению к 2008 году сокращение составляет около 12,0–12,5% (с учетом участия ТЭЦ-22 и ТЭЦ-27 в энергобалансе Москвы). Можно с уверенностью сказать, что именно целостный подход к городу как единой системе

оказался адекватен задачам повышения эффективности, надежности и устойчивости работы городских систем жизнеобеспечения.

Чем меньше уязвимость, тем больше адаптация

Снижение потерь, проведение необходимых регламентных работ привели к снижению климатической уязвимости энергокомплекса. Например, в 2010 году ледяной дождь вызвал существенные перерывы в электроснабжении и относительно большие затраты на восстановление нарушившихся участков с изношенными коммуникациями, а шесть ледяных дождей, прошедших в Москве в 2016 году, остались практически незамеченными. Это подтверждается статистикой МОЭСК по количеству аварийно-восстановительных работ на воздушных ЛЭП напряжением до 110 кВ, а также на сетях напряжением 220–750 кВ московского предприятия магистральных электрических сетей в период с 2007 по 2017 год (рис. 3).

Но сниженная уязвимость инфраструктурных отраслей экономики города – не данность, а результат кропотливой работы специалистов, инженеров, городских структур по наведению порядка после экстремальных событий 2005, 2006 и 2010 годов. Резервы повышения надежности и эффективности связаны с последовательной политикой и целостным подходом ко всем системам и секторам экономики города, наведению порядка в учете и снижению нерациональных потерь. Именно такая комплексная политика позволила повысить устойчивость экономики города в том числе к климатическим аномалиям.

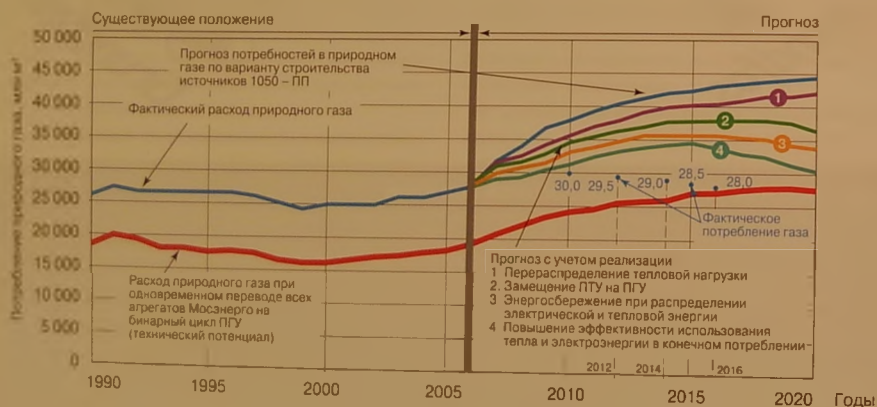


Рис. 2. Прогноз (на 2006–2020 годы) и фактическое потребление газа при реализации целевой комплексной программы энергосбережения на 2009–2013 годы и на перспективу до 2020 года

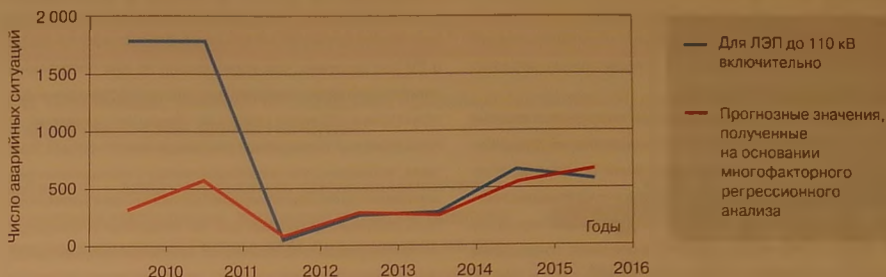


Рис. 3. Динамика климатических нагрузок и инцидентов в сетях ЛЭП

Использование нетрадиционных источников энергии

Итак, тепловые нагрузки активно развивающегося мегаполиса практически не растут, возрастают электрические пики и потребности новых и модернизируемых зданий. Актуальные задачи перед энергосистемой ставит масштабная программа реновации. Все это требует увязки и согласования генеральных схем тепло-, газо- и электроснабжения, применения современной автоматики и регулирующего оборудования. Активное развитие новых территорий активизирует задачи надежного и качественного водоснабжения.

Набирают мощность вторичные и возобновляемые источники энергии: если раньше речь шла о нескольких мегаваттах электрических мощностей, то в настоящее время суммарная электрическая мощность нетрадиционных источников выросла до 110–115 МВт, тепловая – до 190 МВт. Значительное количество тепловой энергии утилизируется в снегоплавильных пунктах, в бесплопильных утилизационных котлах МНПЗ. Запущены проекты рекуперации вторичной энергии торможения на современных поездах МЦК и метрополитена (количество возвращенной в сеть энергии составило несколько миллионов киловатт-часов), тысячи солнечных панелей украсили парки и улицы города.

Тепловая подушка города формируется за счет сброса значительного количества низкотемпературного тепла от ТЭЦ и котельных, градирен, автотранспорта, зданий, промышленных стоков и составляет, по некоторым оценкам, значительную величину: 110–120 млн Гкал. В этой связи весьма актуальным является комплекс мер по сокращению теплового (и парового) загрязнения города: сухие градирни и конденсационные котлы, сокращение автомобильного трафика и рост доли электротранспорта, дальнейшая оптимизация работы энергосистемы с экономией топлива и соответствующих выбросов в атмосферу.

Влияние климата

С одной стороны, как уже говорилось, мощная энергосистема города и есть главное средство его защиты от сурового климата, а с другой стороны – климатические изменения влияют на режимы и устойчивость работы самой энергосистемы. Географическое положение Москвы в глубине континента в какой-то степени смягчает опасность возникновения климатических аномалий, более характерных для прибрежных мегаполисов.

Наш анализ показывает, что частота аномальных климатических явлений растет незначительно. Большое беспокойство у городских служб вызывает рост переходов температуры через 0 °С, увеличение на 15 % длительности интервала температур от нуля до 5 °С. В настоящее время самый некомфортный для людей и техносферы диапазон температур наружного воздуха в Москве от –5 до 10 °С составляет около 44 % от общей длительности года (или 88 % средней длительности отопительного периода). Именно в этот момент происходит максимальное поступление водяного пара от стационарных энергетических источников и градирен в атмосферу.

Такое наложение некомфортных температурных условий и повышенной влажности оказывает весьма неблагоприятное действие на ограждающие конструкции зданий, элементы систем жизнеобеспечения, транспорт и здоровье горожан. Это требует повышенного внимания к проблемам долговечности строительных конструкций городских зданий, обеспечения сбалансированных режимов теплоснабжения и комплекса мер по сокращению поступления водяного пара в атмосферу от всех источников.

В 1990-е и 2000-е годы город выдержал натиск агрессивной урбанизации и безудержной автомобилизации, заплатив за это немалым снижением устойчивости городских экосистем и зеленых насаждений, повышением уязвимости населения к стрессам и климатическим изменениям.

При этом сокращение средостабилизирующего потенциала зеленых насаждений (так называемых экосистемных услуг) происходило и происходит в настоящее время неравномерно по разным категориям.

Приоритетные потери и ущерб для населения и зеленых насаждений города от климатических изменений предопределяют ключевые приоритеты адаптации: помимо отраслевых мер, развития систем мониторинга и межведомственного взаимодействия, необходима коррекция городских программ, новые инфраструктурные решения, сокращение теплового загрязнения, выбросов водяного пара и CO_2 , сопутствующие информационные и гуманитарные технологии, развитие новых отраслей адаптации¹.

Ключевой вектор стратегии развития мегаполиса

Что же делать таким сверхкрупным городам, как Москва, представляющим собой органическое единство техносферы, биосферы и населения?

Достаточно понятны шаги и меры в техносфере: мы идем к росту «природоподобности», а это значит снижение отходов (включая тепловые) и потерь, выбросов углекислого газа и водяного пара. На правильном пути работа с транспортом: снижаются его выбросы и зловлияние в целом. Здесь впереди еще много сложнейшей работы и непростых решений.

Приоритеты климатической стратегии Москвы – энергоресурсосбережение, развитие транспортной инфраструктуры, реновация жилого фонда, активная модернизация всех элементов «зеленого каркаса», становление и развитие новых отраслей адаптации.

На следующем уровне – пространственная адаптация – управление альбедо поверхности, развитие зеленой инфраструктуры, элементы новой урбанистики, сбалансированное освоение промзон и реновация.

Сейчас опасность бесконтрольной урбанизации и дикой автомобилизации существенно снижена, но остается задача сбалансированности темпов строительства недвижимости, инфраструктуры и биосферы в целом. Эта сбалансированность техносферы и биосферы есть главный приоритет климатической адаптации, новый ресурс и резерв качественного роста и рывка города в экономике XXI века.

Кроме увязки схемно-параметрических решений требуется интеграция разноплановых геоинформационных систем на основе новых платформ и технологических решений. Это не обязательно мантры про «интернет вещей» и «супер-смартшита», это скорее истории про надежность, доступность и без-

опасность инфраструктур. Конкуренция концепций и проектов на уровне разработки схем обходится городу примерно в 50 раз дешевле, чем конкуренция не там построенных энергоисточников и неправильно спроектированных инфраструктурных объектов (довольно сильно актуализирует эту проблематику планируемая реновация жилого фонда). Полагаем, что именно эта интеграция наряду с принципами регулирования на основе наилучших доступных технологий может быть основой адекватных для нас механизмов «углеродного» регулирования (в отличие от ненужных налогов на CO_2 , «альтернативных котельных» и др.). К сожалению, многие зарубежные подходы и методики не видят такого системного резерва в силу ряда причин и обстоятельств.

Однако Москва обязана быть лидером не только в осмыслении сопряженной климатической и энергетической проблематики, но и в выработке ключевых решений и технологий адаптации как нового резерва развития.

Литература

1. Бушуев В. В., Ливинский П. А. Актуализация энергетической стратегии Москвы на период до 2030 года // Энергетическая политика. 2015. Вып. 6.
2. Васильев Г. П., Попов М. И. Эффективность использования первичной энергии при энергоснабжении жилого фонда Москвы // Энергия: экономика, техника, экология. 2012. № 1.
3. Гашо Е. Г., Тихоненко Ю. Ф. Энергосбережение в Москве: от принятия Концепции к системе мер в городской целевой программе // Энергосбережение. 2008. № 12.
4. Гашо Е. Г., Гилев А. В. Сбалансированность энергетических параметров зданий в городской системе теплоснабжения // Энергосбережение. 2015. № 10.
5. Гашо Е. Г. ЭКСПО-2017: энергия будущего // Электронный бюллетень «Энергосовет». 2017. № 49. <http://www.energsovet.ru/stat915.html>.
6. Приоритеты устойчивого развития Москвы: энергоэффективность, снижение уязвимости, климатическая адаптация. Доклад на конференции «Экологические проблемы Московского региона». 25 октября 2017 года.
7. Прохоров В. И. Энергоэкономичность систем отопления и вентиляции // Водоснабжение и санитарная техника. 1985. № 9.
8. Семенов В. Г. Основные проблемы, препятствующие нормализации теплоснабжения в муниципальных образованиях РФ // Новости теплоснабжения. 2002. № 5.
9. Табунчиков Ю. А. Энергосбережение – дефицит знаний и мотиваций // АВОК. 2004. № 5. ■

¹ Речь идет о комплексном подходе для диагностики погодных аномалий, биодиагностики и адаптации, одежды и обуви, максимально приспособленных к климату.

КОЛЛЕКТОРНЫЙ УЗЕЛ HONEYWELL

КОМПАКТНОСТЬ, КАЧЕСТВО, УЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В. В. Пасечников, инженер по поддержке проектных организаций, департамент автоматизации инженерных систем зданий Honeywell

Honeywell – многоотраслевая промышленно-технологическая корпорация, входящая в список ведущих мировых компаний Fortune 100, представляет на российском рынке свою новую разработку – распределительный коллекторный узел поквартирного учета тепловой энергии типа MDU (узел этажный распределительный).

Коллекторный узел Honeywell типа MDU обеспечивает функции распределения теплоносителя по квартирам, регулирования перепада давления и пропускной способности, а также подключения индивидуальных квартир к системе измерения расхода тепловой энергии.

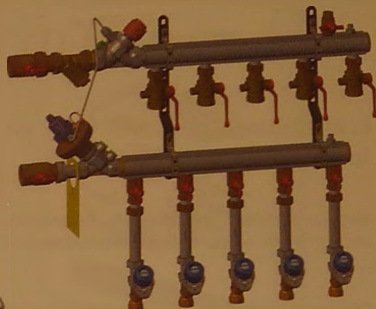
Контроль и учет потребления тепловой энергии обеспечиваются при установке теплосчетчиков (в базовую комплектацию теплосчетчики не входят). Если воспользоваться опцией и заказать к коллекторному узлу ультразвуковые счетчики Honeywell со встроенным протоколом M-Bus, то поставщик энергии может удаленно, без необходимости прямого доступа к приборам, производить считывание данных с измерительных устройств с целью последующего выставления счета.

Коллекторный узел Honeywell представляет собой изделие полной заводской сборки (готовности) и является одним из самых компактных продуктов на российском рынке. Выпускается в модификациях от 2 до 6 отводов (левое и правое исполнение) с возможностью крепления непосредственно в строительную нишу, также по желанию можно использовать встраиваемый металлический шкаф или пристенный шкаф. Материал коллектора – латунь.



Одной из особенностей коллекторного узла является наличие ручного воздухоотводчика. В начале отопительного сезона службы эксплуатации обязаны проверить готовность системы отопления к работе, в частности исключить возможность утечек или образования воздушных пробок. Автоматические воздухоотводчики сравнительно быстро выходят из строя, в результате при повторном запуске в следующем отопительном сезоне возникает проблема удаления воздуха из системы. Также не всегда можно определить с первого взгляда, работает автоматический воздухоотводчик или нет. Поэтому ручной воздухоотводчик в конструкции Honeywell обеспечивает высокую надежность и удобство обслуживания.

Важным конструктивным элементом является шаровый кран для подключения компрессора с целью продувки и дренирования системы на горизонтальном участке. Конструкция узла обеспечивает легкий и удобный доступ ко всем настроечным элементам, что облегчает процесс наладки и запуска системы.



Производство локализовано на заводе «Газэлектроника» – ведущем предприятии России по производству газоизмерительного оборудования. Срок поставки 4–6 недель, гарантия на продукт 2,5 года.

Система гарантии качества Honeywell обеспечивает в ходе многоуровневого процесса создания продукта тестирование не только отдельных критических узлов, но и всей конструкции в целом с учетом требований и особенностей каждой страны. В соответствии со стандартами компании-производителя продукт перед выходом на российский рынок прошел ряд испытаний – вибрационные, акустические, гидравлические.

Важно отметить, что балансировочные клапаны Honeywell производятся в Чехии и Германии. Тем более важно, что распределительный коллекторный узел Honeywell обеспечивает заказчику более доступную цену за счет локальной сборки при сохранении высокого качества в соответствии с мировыми стандартами. ♦

www.honeywell-ec.ru

Honeywell
THE POWER OF CONNECTED

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЕ КОНТРАКТЫ НА ОБЪЕКТАХ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

С. Ю. Шувалов, канд. техн. наук, заместитель директора ГКУ «Энергетика»,
доцент кафедры ТМПУ НИУ МЭИ

Ключевые слова: энергосервис, бюджетная сфера, инвестиционная привлекательность, энергосберегающие мероприятия, координация энергосервисной деятельности

Обратившись к опыту реализации энергосбережения в бюджетной сфере Москвы, можно увидеть, что наметились определенные тенденции, направленные на улучшение инвестиционной привлекательности внедрения энергоэффективных мероприятий, повышение заинтересованности бизнеса в этом процессе. Необходимы некоторые усилия для привлечения финансовых средств, альтернативных бюджетным, которые позволили бы повысить эксплуатационную надежность и энергетическую эффективность объектов бюджетной сферы. Одним из механизмов, решающих поставленную задачу, может стать привлечение внебюджетных средств по схеме энергосервисного контракта.

Рассматривая энергосервисный потенциал бюджетных учреждений в Москве, можно констатировать следующее: на 11 225 объектов государственных бюджетных учреждений на текущий момент приходится всего лишь один энергосервисный контракт (заключенный в 2015 году). Вместе с тем потенциал государственных бюджетных учреждений по экономии тепловой и электрической энергии сопоставим с потенциалом многоквартирных домов (МКД) и вполне реализуем в рамках проведения энергосервисных мероприятий.

По экспертным оценкам, для реализации энергосберегающих мероприятий по схеме энергосервисных контрактов в масштабах всего города подходит около 4 500 зданий. Общий потенциал экономии



энергетических ресурсов оценивается в 841,5 тыс. Гкал тепловой и 550 млн кВт·ч электрической энергии в год, что при действующих тарифах составит 5,2 млрд руб. в год при общем размере внебюджетных инвестиций около 18 млрд руб.

Реализация вышеуказанной концепции и рассматриваемого потенциала позволит не только сэкономить бюджетные средства и модернизировать системы энергопотребления, но и увеличить количество рабочих мест, а также наполняемость бюджета города. Главная задача – поддержать в столице данный процесс, создать благоприятные инвестиционные условия для развития бизнеса в этом направлении, решить ряд проблем и снять барьеры для успешной работы в области энергосервиса. Тем более что в целом по стране энергосервис развивается семимильными шагами: заключено более 1,5 тыс. энергосервисных контрактов в бюджетной сфере.

О проблемах энергосервиса

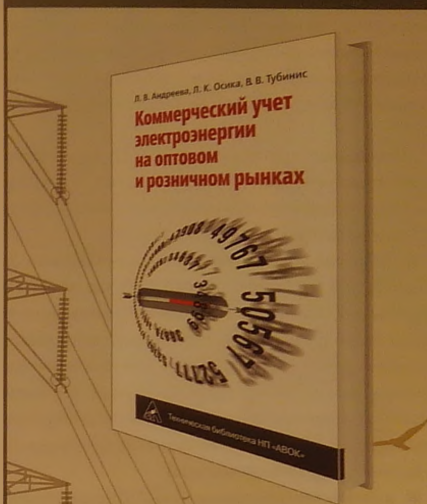
Сегодня компаниям, готовым оказывать энергосервисные услуги, сложно утвердиться на этом рынке, как с правовой точки зрения, так и с финансовой, и с организационной. Без поддержки органов исполнительной власти реализация энергосервисной деятельности практически невозможна, и задача Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы (как идеолога энергосервиса в городе) – создать такие условия, когда энергосервисные компании будут конкурировать за право заключения государственных контрактов.

Опыт энергосервиса в Москве свидетельствует о том, что существует целый ряд не до конца решенных проблем, которые сдерживают развитие этой деятельности. Планомерно проводится работа по устранению проблем, шаг за шагом приближающая нас к намеченной цели.

Деятельность ГКУ «Энергетика»

Для решения поставленных задач в Москве создан и успешно функционирует Центр компетенции и координации энергосервисной деятельности – ГКУ «Энергетика». Центр компетенции является консолидатором усилий экспертного сообщества, координатором всех участников этого сложного процесса.

На текущий момент ГКУ «Энергетика» актуализированы типовые формы энергосервисных контрактов, формируется методологическая база, позволяющая



КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОПТОВОМ И РОЗНИЧНОМ РЫНКАХ

Л. В. Андреева, Л. К. Осика, В. В. Тубинис
(под общей редакцией Л. К. Осики)

В данной книге впервые всесторонне рассматривается система коммерческого учета электроэнергии на оптовом и розничных рынках: нормативные, методические, технические и организационные вопросы создания и эксплуатации данной системы. Особое внимание уделяется метрологическому обеспечению автоматизированных измерительных систем, включая АИИС КУЭ. Приведена методология работы с учетными показателями, даны рекомендации по использованию измерительной информации в ряде практических задач, включая разработку балансов и определение технических потерь электроэнергии в электрических сетях.

Книга предназначена для руководителей и специалистов в области коммерческого учета, энергосбытовой деятельности, эксплуатации электроустановок. Может быть полезна научным работникам, преподавателям и студентам высших учебных заведений.

Дополнительная информация
по тел. (495) 621-80-48
или на www.abokbook.ru